

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**



**“INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LA CUENCA
DEL RÍO RAMUSCHACA, DISTRITO DE ZURITE,
ANTA, CUSCO”**

Presentada por:

JORGE MATIAS CAMARGO ALVAREZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

**“INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO
RAMUSCHACA, DISTRITO DE ZURITE, ANTA, CUSCO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

JORGE MATIAS CAMARGO ALVAREZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Ricardo Apaella Nalvarte
PRESIDENTE

Mg.Sc. Juan Torres Guevara
ASESOR

Mg.Sc. Wilfredo Chávez Huaman
CO-ASESOR

Mg.Sc. Sebastian Santayana Vela
MIEMBRO

Dr. Guillermo Vilchez Ochoa
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis Papás Jorge e Ivonne, a mi hermana Karen que me han dado enseñanzas, valores y fortaleza para cumplir esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi patrocinador Mg.Sc. Juan Torres Guevara, mi profundo agradecimiento y reconocimiento por su paciencia y apoyo en la realización de todo el proceso que conlleva la realización del trabajo de investigación, que, con su experiencia, sabiduría y enseñanzas, ha sido fuente de motivación y sacrificio para lograr concluir con éxito la presente tesis.

Al Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA) en especial a mi co-patrocinador Mg.Sc. Wilfredo Chávez Huamán, quien viene apoyándome durante toda mi formación preprofesional y profesional, por sus aportes y revisiones constantes para mejorar el desarrollo de este trabajo.

A mis padres Jorge e Ivonne y a mi hermana Karen que siempre me apoyan y se sacrifican junto conmigo en esta etapa académica que emprendí; y a mis compañeros y amigos biólogos, que merecen mi reconocimiento por la ayuda que me brindaron en las salidas de campo y el arduo trabajo de gabinete.

Me gustaría agradecerles a todos de corazón.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.3. MARCO LEGAL.....	13
2.4. MARCO INSTITUCIONAL.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	18
3.2. METODOLOGÍA	47
3.2.1. Evaluación de la calidad ecológica de la ribera del río Ramuschaca: índice ECOSTRIAND.....	48
3.2.2. Evaluación de la calidad de la vegetación de la ribera mediante el Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And).....	48
3.2.3. Identificación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica del agua del río Ramuschaca.....	49
3.2.4. Evaluación del índice de hábitat fluvial (IHF) del río Ramuschaca.....	52
3.2.5. Determinación de la calidad de agua del río Ramuschaca mediante parámetros físicoquímicos y microbiológicos.....	53
3.2.6. Evaluación de la integridad ecológica ribereña de la cuenca del río Ramuschaca frente a actividades antrópicas que se realizan en el cauce del río.....	54
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES.....	58

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. CALIDAD ECOLÓGICA DE LA RIBERA DEL RÍO RAMUSCHACA	59
4.1.1. Calidad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca mediante el método de Encalada	59
4.1.2. Calidad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca mediante el método de Acosta...	60
4.2. CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINO	62
4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD ECOLÓGICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO RAMUSCHACA.....	75
4.4. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) DEL RÍO RAMUSCHACA.....	87
4.5. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO RAMUSCHACA MEDIANTE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	108
4.6. EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA RIBEREÑA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMUSCHACA, FRENTE A ACTIVIDADES ANTRÓPICAS QUE SE REALIZAN EN EL CAUCE DEL RÍO.....	112
V. CONCLUSIONES	125
VI. RECOMENDACIONES	127
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
VIII. ANEXOS	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura y precipitación promedio (1964 - 2019)	20
Tabla 2: Parámetros morfológicos de la cuenca del río Ramuschaca	28
Tabla 3: Caudal medio del río Ramuschaca	29
Tabla 4: Caudales máximos generados	29
Tabla 5: Unidades de cobertura vegetal	32
Tabla 6: Composición de la vegetación de cercos vivos	34
Tabla 7: Composición de la vegetación del matorral ralo	36
Tabla 8: Composición del pastizal de Calamagrostis y Festuca	37
Tabla 9: Composición de la vegetación del matorral denso	39
Tabla 10: Composición de la vegetación disturbada	40
Tabla 11: Listado de anfibios y reptiles	41
Tabla 12 Listado de especies de mamíferos en el área de estudio	41
Tabla 13: Listado de aves y su categoría de conservación	42
Tabla 14: Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Ramuschaca	43
Tabla 15: Conflictos de uso de la cuenca del río Ramuschaca	43
Tabla 16: Densidad poblacional del distrito de Zurite	44
Tabla 17: Población del distrito de Zurite	44
Tabla 18: Tasa de natalidad y mortalidad de Zurite	46
Tabla 19: Nivel educativo alcanzado en el distrito de Zurite	46
Tabla 20: Coordenadas geográficas y altitud de los puntos de evaluación	47
Tabla 21: Estado ecológico de calidad integrada para un ecosistema fluvial	48
Tabla 22. Niveles de calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)	49
Tabla 23: Índice biótico Andino según el protocolo Encalada	50
Tabla 24: Índice Biótico Andino según el protocolo Acosta	50
Tabla 25: Puntuación Índice Biótico Andino para familias de ríos altoandinos	51
Tabla 26: Niveles de calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF)	53
Tabla 27: Interpretación del Índice de Calidad de Agua (ICA)	54
Tabla 28: Calidad ecológica ECOSTRIAND del método Encalada	59

Tabla 29: Calidad ecológica ECOSTRIAND del método Acosta.....	60
Tabla 30: Calidad de vegetación de ribera - punto 1 cuenca alta del río Ramuschaca	63
Tabla 31: Calidad de vegetación de ribera - punto 2 cuenca alta del río Ramuschaca	64
Tabla 32: Calidad de vegetación de ribera - punto 3 cuenca alta del río Ramuschaca	65
Tabla 33: Calidad de vegetación de ribera - punto 4 cuenca media del río Ramuschaca	66
Tabla 34: Calidad de vegetación de ribera -punto 5 cuenca media del río Ramuschaca	67
Tabla 35: Calidad de vegetación de ribera -punto 6 cuenca media del río Ramuschaca	68
Tabla 36: Calidad de vegetación de ribera - punto 7 cuenca baja del río Ramuschaca.....	69
Tabla 37: Calidad de vegetación de ribera - punto 8 cuenca baja del río Ramuschaca.....	70
Tabla 38: Calidad de vegetación de ribera - punto 9 cuenca baja del río Ramuschaca.....	71
Tabla 39: Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And).....	72
Tabla 40: Índice Biótico Andino del punto 1 de la cuenca alta del río Ramuschaca.....	75
Tabla 41: Índice Biótico Andino del punto 2 de la cuenca alta del río Ramuschaca.....	76
Tabla 42: Índice Biótico Andino del punto 3 de la cuenca alta del río Ramuschaca.....	76
Tabla 43: Índice Biótico Andino del punto 4 de la cuenca media del río Ramuschaca	77
Tabla 44: Índice Biótico Andino del punto 5 de la cuenca media del río Ramuschaca	78
Tabla 45: Índice Biótico Andino del punto 6 de la cuenca media del río Ramuschaca	79
Tabla 46: Índice Biótico Andino del punto 7 de la cuenca baja del río Ramuschaca	80
Tabla 47: Índice Biótico Andino del punto 8 de la cuenca baja del río Ramuschaca	81
Tabla 48: Índice Biótico Andino del punto 9 de la cuenca baja del río Ramuschaca	81
Tabla 49: Familias de macroinvertebrados identificadas	82
Tabla 50: Categorías taxonómicas de macroinvertebrados	83
Tabla 51: Comparativo de la puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) de las metodologías propuestas.....	84
Tabla 52: Índice de Hábitat Fluvial del punto 1 de la cuenca alta del río Ramuschaca	88
Tabla 53: Índice de Hábitat Fluvial del punto 2 de la cuenca alta del río Ramuschaca	90
Tabla 54: Índice de hábitat fluvial del punto 3 de la cuenca alta del río Ramuschaca.....	92
Tabla 55: Índice de Hábitat Fluvial del punto 4 de la cuenca media del río Ramuschaca	94
Tabla 56: Índice de Hábitat Fluvial del punto 5 de la cuenca media del río Ramuschaca	96
Tabla 57: Índice de Hábitat Fluvial del punto 6 de la cuenca media del río Ramuschaca	98
Tabla 58: Índice de Hábitat Fluvial del punto 7 de la cuenca baja del río Ramuschaca	100
Tabla 59: Índice de Hábitat Fluvial del punto 8 de la cuenca baja del río Ramuschaca	102
Tabla 60: Índice de Hábitat Fluvial del punto 9 de la cuenca baja del río Ramuschaca	104
Tabla 61: Índice de Hábitat Fluvial del río Ramuschaca	106
Tabla 62: Índice de Calidad de Agua (ICA) de la cuenca del río Ramuschaca	110

Tabla 63: Componentes Principales (PCA) de la cuenca del río Ramuschaca	114
Tabla 64: Integridad ecológica mediante el uso del Índice Biótico Andino para Perú	114
Tabla 65: Calificación de los parámetros evaluados para la integridad ecológica.....	123
Tabla 66: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1)	139
Tabla 67: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2)	140
Tabla 68: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3)	141
Tabla 69: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4)	142
Tabla 70: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5).	143
Tabla 71: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6)	144
Tabla 72: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7)	145
Tabla 73: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8)	146
Tabla 74: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9).....	147
Tabla 75: Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica.....	148
Tabla 76: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1).....	156
Tabla 77: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2).....	157
Tabla 78: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3).....	158
Tabla 79: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4).....	159
Tabla 80: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5).....	160
Tabla 81: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6).....	161
Tabla 82: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7).....	162
Tabla 83: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8).....	163
Tabla 84: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9).....	164
Tabla 85: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1).....	166
Tabla 86: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2).....	167
Tabla 87: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3).....	168
Tabla 88: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4).....	169
Tabla 89: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5).....	170
Tabla 90: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6).....	171
Tabla 91: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7).....	172
Tabla 92: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8).....	173
Tabla 93: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9).....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación política de la cuenca del río Ramuschaca.....	18
Figura 2: Delimitación y codificación PFAFSTETTER de la cuenca del río Ramuschaca	19
Figura 3: Climatograma del distrito de Zurite, Anta, Cusco (1964 - 2019).....	21
Figura 4: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1964-1979).....	22
Figura 5: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1980-1995).....	23
Figura 6: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1996 - 2010).....	24
Figura 7: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (2011 - 2019).....	25
Figura 8: Afloramiento de lutitas en el cerro Jatun Ayamoqo de la cuenca de Ramuschaca.....	26
Figura 9: Áreas con plantaciones de eucalipto.....	33
Figura 10: Matorral con presencia de <i>Astragalus garbancillo</i> y <i>Senecio</i> sp.....	35
Figura 11: Presencia de pastizales en la parte alta de la cuenca del río Ramuschaca	37
Figura 12: Pastizal de <i>Stipa</i> en la parte alta de la cuenca del río Ramuschaca	38
Figura 13: Matorral denso conformado por especies vegetales	38
Figura 14: Diagrama de flujo de la metodología para determinar la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca	57
Figura 15: Análisis multivariado cluster (similitud agrupamiento - Morisita) de la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca	113
Figura 16: Análisis de Componentes Principales (PCA) de la integridad ecológica	115
Figura 17: Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) del Índice Biótico Andino (ABI) de la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca	117
Figura 18: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de calidad de vegetación de Ribera Andino (QBR-And).....	119
Figura 19: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF)	120
Figura 20: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice de Calidad de Agua (ICA)	122
Figura 21: Acreditación INACAL.....	165
Figura 22: Mapa Fisiográfico de la cuenca del río Ramuschaca.....	175
Figura 23: Mapa hídrico de la cuenca del río Ramuschaca.....	176
Figura 24: Mapa climático de la cuenca del río Ramuschaca	177
Figura 25: Mapa geomorfológico de la cuenca del río Ramuschaca.....	178

Figura 26: Mapa de suelos de la cuenca del río Ramuschaca	179
Figura 27: Mapa de pendientes de la cuenca del río Ramuschaca	180
Figura 28: Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Ramuschaca	181
Figura 29: Mapa de capacidad de uso mayor de suelos de la cuenca del río Ramuschaca	182
Figura 30: Mapa de conflictos de uso actual de la cuenca del río Ramuschaca.....	183
Figura 31: Mapa de puntos de evaluación de la cuenca del río Ramuschaca.....	184
Figura 32: Mapa del Índice de Calidad de Ribera de la cuenca del río Ramuschaca.....	185
Figura 33: Mapa de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica de la cuenca del río Ramuschaca – método Encalada	186
Figura 34: Mapa de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica de la cuenca del río Ramuschaca – método Acosta.....	187
Figura 35: Mapa del Índice de Hábitat Fluvial de la cuenca del río Ramuschaca	188
Figura 36: Mapa de calidad de agua del índice de Calidad de Agua (ICA) de la cuenca del río Ramuschaca.....	189
Figura 37: Mapa calidad ecológica cuenca del río Ramuschaca – método Encalada	190
Figura 38: Mapa calidad ecológica cuenca del río Ramuschaca – método Acosta.....	191
Figura 39: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (4350 m.s.n.m.) - Punto 1	192
Figura 40: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (4178 m.s.n.m.) - Punto 2	192
Figura 41: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (3907 m.s.n.m.) - Punto 3	193
Figura 42: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3665 m.s.n.m.) - Punto 4	193
Figura 43: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3550 m.s.n.m.) - Punto 5	194
Figura 44: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3400 m.s.n.m.) - Punto 6	194
Figura 45: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3356 m.s.n.m.) - Punto 7.....	195
Figura 46: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3335 m.s.n.m.) - Punto 8.....	195
Figura 47: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3325 m.s.n.m.) - Punto 9.....	196

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Calificación del índice de calidad de vegetación de ribera (QBR-And)	139
Anexo 2: Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica	148
Anexo 3: Calificación del índice de hábitat fluvial (IHF).....	156
Anexo 4: Resultado de los análisis físico-químicos y microbiológicos.....	165
Anexo 5: Mapas temáticos de la cuenca del río Ramuschaca.....	175
Anexo 6: Panel fotográfico de la visita de campo de los nueve puntos de la cuenca del río ramuschaca.....	192

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la cuenca del río Ramuschaca, ubicada en el distrito de Zurite, provincia de Anta, región Cusco el 2019; con el objetivo de evaluar de la integridad ecológica ribereña de la cuenca del río Ramuschaca, frente a actividades antrópicas que se realizan en el cauce del río. Se establecieron nueve puntos de evaluación, tres para cada zona de la cuenca (alta, media y baja); la metodología utilizada para determinar la integridad ecológica fue el análisis de componentes principales; para la calidad ecológica se utilizó el método ECOSTRIAND, que combina los valores del Índice Biótico Andino (ABI) utilizando las propuestas de Encalada *et al.* (2011) y Acosta *et al.* (2009) para la identificación de macroinvertebrados como indicadores de calidad y el Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) mediante parámetros de estructura, calidad y atributos de ribera; adicionalmente, se evaluó el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) a través de parámetros de frecuencia, sustrato, velocidad, sombra, heterogeneidad y cobertura del cauce fluvial; y, la determinación de la calidad de agua (ICA), se estableció mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Como resultados, se determinó la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca como “Buena”. La calidad ecológica, se estableció como “Buena”, en la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3) y cuenca media (punto 4); “Regular”, en la cuenca media (punto 5); “Mala”, en la cuenca media (punto 6), cuenca baja (puntos 7 y 8); y “Pésima”, en la cuenca baja (punto 9). Para la evaluación del Índice de Hábitat Fluvial (IHF), se estableció un nivel de calidad “Muy buena”, en la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3); “Buena”, en la cuenca media (puntos 4, 5 y 6) y cuenca media (punto 7); y, “No llega a buena”, para la cuenca baja (puntos 8 y 9). Con referencia a la calidad de agua, mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (ICA) se obtuvo calidad “Excelente”, para la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3) y cuenca media (punto 4); calidad “Buena”, para la cuenca media (punto 5); “Regular”, para la cuenca media (punto 6); “Excelente”, para la cuenca baja (punto 7); y “Regular”, para la cuenca baja (puntos 8 y 9).

Palabras clave: integridad ecológica, índice QBR-And, macroinvertebrados, índice IHF, calidad de agua fisicoquímica y microbiológica (ICA), resiliencia.

ABSTRACT

The present research work was conducted in the Ramuschaca river basin, located in the district of Zurite, province of Anta, Cusco region in 2019; with the objective of evaluating the ecological integrity of the Ramuschaca river basin, against anthropogenic activities that are carried out in the riverbed. Nine evaluation points were established, three for each zone of the basin (high, medium and low); the methodology used to determine the ecological integrity was the principal component analysis; for the ecological quality, the ECOSTRIAND method was used, which combines the values of the Andean Biotic Index (ABI) using the proposals of Encalada et al. (2011) and Acosta et al. (2009) for the identification of macroinvertebrates as quality indicators and the Andean Riparian Vegetation Quality Index (QBR-And) through parameters of structure, quality and riparian attributes; additionally, the Fluvial Habitat Index (IHF) was evaluated through parameters of frequency, substrate, velocity, shade, heterogeneity and coverage of the river channel; and, the determination of water quality (ICA), was established through physicochemical and microbiological parameters. As a result, the ecological integrity of the Ramuschaca river basin was determined as "Good". The ecological quality was established as "Good" in the upper basin (points 1, 2 and 3) and middle basin (point 4); "Fair" in the middle basin (point 5); "Bad" in the middle basin (point 6), lower basin (points 7 and 8); and "Poor" in the lower basin (point 9). For the evaluation of the Fluvial Habitat Index (IHF), a quality level of "Very good" was established in the upper basin (points 1, 2 and 3); "Good" in the middle basin (points 4, 5 and 6) and middle basin (point 7); and "Not good" in the lower basin (points 8 and 9). With reference to water quality, by means of physicochemical and microbiological parameters (ICA), "Excellent" quality was obtained for the upper basin (points 1, 2 and 3) and middle basin (point 4); "Good" quality for the middle basin (point 5); "Fair" for the middle basin (point 6); "Excellent" for the lower basin (point 7); and "Fair" for the lower basin (points 8 and 9).

Keywords: ecological integrity, QBR-And index, macroinvertebrates, IHF index, physicochemical and microbiological water quality (ICA), resilience.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de recursos hídricos a nivel mundial está en aumento, lo que genera influencia negativa sobre los ecosistemas acuáticos. En Sudamérica existe una constante degradación de la calidad del agua de los ríos debido a la explotación inadecuada del recurso y a la contaminación de estas. Los ríos en la región Cusco, y a nivel nacional, constituyen una importante reserva de agua para los seres vivos (agua potable), agricultura y, también, el hábitat de innumerables formas de vida que conforman los ecosistemas (IMA 2013).

La cuenca del río Ramuschaca por sus características geográficas, geomorfológicas y climáticas tiene una dinámica muy compleja y que, producto de una inestabilidad geodinámica, produjo el 2010 un evento de flujo de detritos (aluvión) que afectó al centro poblado de Zurite, por lo cual, el Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA), ejecutó entre el 2014 y 2018 el proyecto denominado “Instalación y mejoramiento de los servicios de protección ante aluviones en la microcuenca de Ramuschaca del distrito de Zurite, provincia de Anta - región Cusco”, en el cual, producto de las intervenciones con infraestructura hidráulica y demás actividades antrópicas, se modificó la condición de las riberas, es por ello que en la presente investigación se evaluó los cambios de integridad ecológica de las riberas del río.

La noción de integridad ecológica data desde el 2003 y viene tomando fuerza, basado en la necesidad de conservar adecuadamente los ecosistemas; la propuesta planteada en el presente estudio es pionera en el país, teniendo en cuenta la necesidad relevante para apreciar la calidad de los ecosistemas y como una meta para el manejo con criterio de sustentabilidad. Los beneficios a nivel de ecosistema que ofrece la integridad ecológica de la cuenca, han sido respaldados en diversos programas de monitoreo a nivel global y forman parte de la legislación de muchos países a nivel mundial, tales como los lineamientos de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (WFD 2003).

Sin embargo, para conseguir un diagnóstico real del estado de conservación del recurso hídrico, es imprescindible entender al río como un hábitat en constante interacción con otros

componentes de la cuenca hidrográfica (Camargo y Salazar 2013), con este fin, esta investigación permitió determinar los cambios que se generan en la ribera del río, con la implementación de infraestructura hidráulica y otras actividades antrópicas, analizando e incorporando metodologías para determinar la integridad ecológica.

Finalmente, el análisis de la integridad ecológica, sirve para determinar la capacidad de soportar y mantener comunidades de organismos en el ecosistema (cuenca) y que a futuro, permitirán incorporar nuevos criterios que permitan minimizar el daño que se genere al cauce y ribera de los ríos, realizando un manejo integral en la cuenca, que es una de las necesidades dentro del desarrollo nacional a través del manejo sostenible de los recursos naturales y la conservación de los servicios ecosistémicos, lo que constituye un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, un adecuado uso de suelo, flora y fauna con carácter de sostenibilidad para las futuras generaciones.

El objetivo general fue la evaluación de la integridad ecológica ribereña de la cuenca del río Ramuschaca, frente a actividades antrópicas que se realizan en el cauce del río, para lo cual se propusieron cinco objetivos específicos: (a) evaluación de la calidad ecológica de la ribera del río Ramuschaca; (b) evaluación de la calidad de la vegetación ribereña mediante el Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And); (c) identificación de los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica del agua del río Ramuschaca; (d) evaluación del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del río Ramuschaca; y, (e) determinación de la calidad de agua del río Ramuschaca mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Entre los trabajos afines en el extranjero, se tienen los siguientes antecedentes.

Ordoñez (2011) alude que los ríos altoandinos son la principal fuente de agua para ciudades y zonas agrícolas en los Andes del norte, pero existe poco conocimiento de los cambios en el uso del suelo y su efecto en la calidad de los ríos de esta región. En el 2009, estudiaron 20 ríos en tres subcuencas del río Guayllabamba, en dos pisos altitudinales: zonas baja y alta. El objetivo fue entender la influencia del uso del suelo y el rol de la vegetación natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador. Finalmente se relaciona la integridad ecológica de los ríos evaluando parámetros físicos, químicos y biológicos (invertebrados) con diferentes usos de suelo.

A partir de esta caracterización se evaluó la Cobertura Vegetal Natural (CVN), que predice mejor la integridad ecológica de estos ríos. Adicionalmente, se modeló escenarios de cambio en la Cobertura Vegetal Natural (CVN), a la escala de cuenca para predecir el estado de los ríos en el futuro. Los resultados mostraron que los poblados son el uso que más afecta la integridad de los ríos debido a la disminución de la riqueza de invertebrados y de la vegetación de ribera, en segundo lugar, está la ganadería/agricultura, uso que causó mayor impacto disminuyendo la vegetación de ribera.

Por otro lado, la Cobertura Vegetal Natural (CVN) de la cuenca hídrica en la zona alta o páramo estuvo fuertemente relacionada con el índice de calidad ecológica de los ríos altoandinos (ECOSTRIAND) y con la conductividad eléctrica. Es así que la simulación de cambio de la cobertura en escenarios futuros mostró que, de incrementarse la Cobertura Vegetal Natural (CVN) del páramo es una variable predictiva de la calidad ecológica del ecosistema lótico y propone que los páramos deberían manejarse como “*Keystone sites*”.

Encalada (2011) describe la evaluación de la integridad ecológica y la calidad del agua en ríos que recorren zonas donde el Fondo para la protección del Agua (FONAG) está implementado por estrategias de conservación; para lo cual, se analizaron ocho áreas de estudio y realizaron un muestreo en ocho pares de ríos (un río con manejo y un río sin manejo). En cada sitio realizaron un análisis físico-químico del agua, y se estudiaron parámetros biológicos y ecológicos (e.g. invertebrados acuáticos y la vegetación de ribera). Los resultados sugieren que en general, los ríos manejados por el programa tienen mayor integridad ecológica que los ríos que están dentro de las zonas sin manejo; asimismo, parámetros como el hábitat fluvial, calidad de la ribera, erosión y temperatura fueron mejores en ríos manejados.

Igualmente, el análisis global indicó que la riqueza, diversidad de invertebrados e índice ABI fueron más altos en los ríos manejados, lo que sugiere una mejor calidad e integridad ecológica de estos sistemas. Sin embargo, al evaluar individualmente cada sitio, observaron que en ciertas localidades como Oyacachi, Curingue y Cuyuja, la mayoría de parámetros no mejoraron significativamente, lo que sugiere que las estrategias de manejo del programa no tenían un efecto medible en la integridad ecológica de estos ecosistemas.

Por otro lado, el análisis de Chumillos, El Carmen, El Tambo y Muertepungo, sugiere que estos ecosistemas lóticos reflejan una muy buena integridad ecológica y por tanto las acciones del programa evidencian un impacto positivo medible.

Finalmente, concluyen que el análisis global sugiere que las estrategias de manejo aplicadas por el programa, tienen un impacto importante en la integridad y calidad ecológica de estos ríos altoandinos; sin embargo, para ciertas localidades será necesario un posible reajuste en las acciones y estrategias de manejo para lograr una mejoría en estos ecosistemas.

Acosta *et al.* (2014) establecieron cinco protocolos de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región austral del Ecuador, disponiendo estaciones de referencia de monitoreo con características hidromorfológicas similares y tramos dentro de estas estaciones de muestreo donde se llevó a cabo la evaluación de los respectivos protocolos en un tramo de aproximadamente 100 m.

En el protocolo 1: calidad de hábitat fluvial, se evaluaron las características abióticas y bióticas más importantes presentes en el cauce del río que podrían estar influenciando en la presencia, ausencia o nivel poblacional de los distintos grupos de macroinvertebrados. En el

protocolo 2: calidad de la vegetación de ribera, establecieron una adaptación del QBR a la región altoandina de Ecuador y Perú, sin embargo, fue adaptado a las condiciones particulares encontradas en las cuencas de la región austral del Ecuador.

En el protocolo 3: calidad hidromorfológica, para medir el caudal ecológico, dividieron la sección transversal del cauce en subsecciones a intervalos regulares en cada una de las cuales se midió la velocidad media y el área para obtener un valor de caudal. Los caudales parciales resultan de la multiplicación de la velocidad de la corriente y el área de la subsección. El protocolo 4: calidad fisicoquímica del agua, se llevó a cabo mediante cuatro pasos: (1) selección de la zona para la toma de muestras; (2) medida de parámetros *in situ* con equipos portátiles; (3) medida de parámetros en laboratorio, toma de muestras y traslado; y, (4) conservación de muestras.

En el protocolo 5: macro invertebrados bentónicos, usaron cuatro pasos: (1) identificación de microhábitats; (2) colecta de muestras; (3) procesamiento de muestras en el campo; y, (4) procesamiento de muestras en el laboratorio.

Gamarra et al. (2016) realizaron la valoración la calidad ecológica del agua en la microcuenca Chido e inter microcuenca Allpachaca- Lindapa, mediante el establecimiento de 12 estaciones de muestreo en la microcuenca Chido, tres en la quebrada Allpachaca y dos en la quebrada Lindapa. Emplearon índices biológicos tales como el Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia (BMWP/Col), e índices de entorno como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino (QBR-And). Establecieron 10 puntos de monitoreo distribuidos en las quebradas Mamarramos, Carrizal y Francos.

Se efectuaron tres jornadas de muestreo en período de baja precipitación, en octubre, noviembre y diciembre, debido a las alteraciones del ciclo climático por el fenómeno de El Niño del 2015. Los macroinvertebrados colectados fueron identificados hasta el nivel de familia, para determinar la calidad hidromorfológica se realizó una evaluación cualitativa de ocho características relacionadas con la vegetación de ribera y la naturalidad del canal del río, asignando valores de 0 a 5.

La calidad hidromorfológica para los 10 puntos de monitoreo calificaron como excelentes, el índice de calidad ABI mostró que la calidad del agua de la microcuenca es buena y el protocolo CERA-s combinó los resultados de la calidad hidromorfológica que fueron

excelentes y el ABI concluyendo que la calidad ecológica de la microcuenca Mamarranos era muy buena.

Galeano-Rendón *et al.* (2017) determinaron la calidad ecológica de cuatro quebradas andinas afluentes de los ríos Nare y Guatapé, cuenca del río Magdalena, Colombia. Se realizaron cuatro muestreos entre junio de 2011 y febrero de 2012, en tres sitios por quebrada, para un total de 12 evaluados; asimismo, recolectaron muestras de macroinvertebrados, utilizando el método D-net, con malla de 500 μm y colección manual sobre sustratos. El hábitat del río y la vegetación ribereña fueron evaluados, mediante el establecimiento de estaciones de referencia y la aplicación del índice de hábitat fluvial (IHF), el índice de Calidad de Vegetación de Ribera andina (QBR-And), adaptado para los ríos andinos, el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) y el índice ECOSTRIAND (ECOLOGical Status RIVER ANDEan).

Establecieron siete sitios de referencia, caracterizados por vegetación ribereña en ambos márgenes, sin alteraciones o con un bajo grado de alteración antrópica, los cuales, presentaron altos valores de IHF, QBR-And, BMWP/Col, indicando buena calidad ecológica para los ensamblajes de macroinvertebrados. Cinco sitios se determinaron como alterados con alta afectación antrópica, vegetación ribereña reducida o ausente en las dos márgenes, predominio de pastos y actividades agrícolas y bajos valores en los índices antes mencionados, lo que indica una menor calidad ecológica.

Entre los trabajos afines en el país, se tienen los siguientes antecedentes.

Acosta *et al.* (2009) presentaron un protocolo de calidad ecológica de ríos andinos (CERA) situados sobre los 2000 m.s.n.m, desde los Andes del Norte (Venezuela) hasta el Altiplano de los Andes Centrales (Bolivia). Este protocolo fue aplicado en 45 estaciones de muestreo en la cuenca del río Guayllabamba (Ecuador) y en 42 estaciones de muestreo en la cuenca del río Cañete (Perú). Previamente, para probar si las estaciones de muestreo pueden o no ser estaciones de referencia implementaron un método que valoró 24 atributos de una cuenca, como hidrología, tramo, lecho, etc., que fluctúa entre 24 y 120 puntos; valores superiores a 100 fueron considerados como sitios potenciales de referencia.

Además del estudio de los macroinvertebrados bentónicos, evaluaron el hábitat fluvial y la comunidad vegetal de ribera a través de la aplicación de los índices ABI, IHF y QBR-And,

respectivamente; así como la conveniencia de la asignación inicial de las estaciones de referencia. Estos índices fueron adecuadamente adaptados a las condiciones y características propias de los ríos altoandinos.

Los resultados obtenidos fueron comparados y discutidos entre ambas cuencas. Mediante la aplicación del protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA) se reconocieron los respectivos gradientes de perturbación y la variabilidad natural de las estaciones de referencia en ambos países. Las formaciones vegetales dominantes en las punas de los Andes, permiten estudiar un caso evidente en el cual la estructura de la vegetación de ribera no condiciona la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.

Salcedo *et al.* (2013) evaluaron la biodiversidad de macroinvertebrados y la calidad ecológica como medida de calidad de las aguas, considerando como unidad de estudio a la microcuenca San Alberto (Oxapampa, Pasco) de abril a julio del 2013; el objetivo fue identificar la estructura y composición de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica con el Índice Biótico Andino (ABI). Dentro de los métodos utilizados están: el muestreo realizado en tres zonas de la microcuenca San Alberto (cuenca alta, media y baja). En los tres sitios fueron colectados macroinvertebrados bentónicos en piedra y arena, luego se estimaron: el Índice Biótico Andino (IBA); el método de muestreo de limpieza de piedras fue el que permitió coleccionar la mayor cantidad de taxones, de hábitat fluvial (IHF), de Calidad de Vegetación de Ribera Andina (QBR-And) y de estado ecológico (ECOSTRIAND).

Asimismo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos, nutrientes y metales en el agua. El estudio predice que la estructura y composición de los macroinvertebrados bentónicos varía de acuerdo con la calidad ecológica y del agua de la microcuenca San Alberto y que, específicamente, la calidad de agua será mejor en la cuenca alta que en la media y en la baja, por causa de la perturbación humana fuera del Parque Nacional Yanachaga Chemillen.

Las mejores condiciones de hábitat fluvial, de vegetación ribereña y de estado ecológico, tras la aplicación de los índices IHF, QBR-And y ECOSTRIAND, se encontraron en la cuenca alta. El ABI resultó ser de calidad “muy buena” para la cuenca alta, media y baja; al combinarse este índice con el QBR-And, para elaborar el Índice ECOSTRIAND, observaron que el estado ecológico de las cuencas alta y media fue de “muy bueno” calidad y de la cuenca baja, “regular”.

Los resultados indicaron que la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial, así como de conductividad, sólidos disueltos y nitratos influyen negativamente sobre la calidad del agua, y ésta, sobre la comunidad de macroinvertebrados; las familias reportadas como sensibles a la contaminación (*Leptophlebiidae*, *Oligoneuriidae*, *Perlidae*, *Anomalopsychidae*, *Calamoceratidae*, *Helicopsychidae*, *Odontoceridae*, *Blephariceridae*) mostraron ser bioindicadores de la calidad del agua para la microcuenca.

Alomía et al. (2017) evaluaron la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, desde el centro poblado de La Quinoa en Cerro de Pasco, ubicada a una altura de 3655 m.s.n.m., hasta la ciudad de Huánuco (1886 m.s.n.m.); asimismo, identificaron macroinvertebrados bentónicos (MIB); establecieron 12 estaciones de muestreo y se evaluó en temporada seca y lluviosa, parámetros fisicoquímicos del agua, MIB y la calidad de la ribera, empleando el índice QBR-And. Con respecto a los macroinvertebrados bentónicos se registraron 30 taxas, siendo las familias *Chironomidae* y *Baetidae* las más abundantes. Al aplicar los índices biológicos: ABI (Índice Biótico Andino), BMWP/COL (Biological Monitoring Working Party) y EPT (Ephemeroptera - Plecoptera - Trichoptera), determinaron que las estaciones del cauce principal se encuentran con cierto grado de perturbación; en cambio, los tributarios presentaban una buena calidad biológica, para el QBR-And, por lo cual, señalaron que la mayoría de las estaciones tenían una calidad de ribera intermedia.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Definición de términos básicos

- **Integridad ecológica:** capacidad de un sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos de carácter adaptativo, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional, son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular (Parrish *et al.* 2003).
- **Calidad ecológica:** es una medida integral del estado en el que se encuentra el ecosistema e incluye la evaluación tanto de los alrededores del río como del ambiente acuático. En otras palabras, es un diagnóstico que integra información sobre el bosque de ribera y las áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que los habitan como peces, macroinvertebrados, algas o bacterias (Encalada *et al.* 2011).

- **Resiliencia:** capacidad que tienen las especies que forman parte de los ecosistemas y/o comunidades, de regresar al estado original después de que se ha producido un cambio debido a perturbaciones naturales o por actividades humanas (Doak *et al.* 1998).
- **Integridad ecológica y calidad ecológica:** la integridad ecológica depende de la calidad ecológica y de los procesos funcionales (Ludwig *et al.* 1997). Estos procesos son: características fisicoquímicas del agua, estado del hábitat fluvial, vegetación de ribera y la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos (Acosta *et al.* 2009).
- **Resiliencia e integridad ecológica:** la resiliencia es la capacidad de un ecosistema de absorber perturbaciones sin que afecte sus características funcionales y que pueda regresar a su estado original; la integridad ecológica es buena, cuando todos sus atributos ecológicos clave se mantienen o se recuperan dentro de un cierto rango de variables en el tiempo y espacio.
- **Monitoreo biológico integral y monitoreo de la integridad ecológica:** El monitoreo biológico está enfocado al monitoreo de los objetos de conservación seleccionados para un área en particular; y, por ende, a los indicadores que se le atribuyen para su monitoreo. El monitoreo de la integridad ecológica está ligado al funcionamiento de los ecosistemas y que estos mantengan su salud. Cada área puede llegar a tener varios objetos de conservación (monitoreo biológico integral), que no necesariamente representan la salud de un ecosistema (integridad ecológica) (Komar *et al.* 2014).
- **Servicios ecosistémicos:** son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas, tales como la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística, la formación de suelos y la provisión de recursos genéticos, entre otros (MINAM 2014).
- **Ribera de río:** las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias (ANA 2010).

- **Calidad ambiental:** conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus derechos o puedan alterar sus condiciones y los de la población de una determinada zona o región (FUNDESNA 2011).
- **Cuenca hidrográfica:** espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un río principal. Es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, la profundidad del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (WORLD VISION 2004).
- **Calidad de cobertura de ribera (QBR):** índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema. Los valores del índice se distribuyen en cinco rangos de calidad: >95: estado natural, bosque de ribera sin alteraciones; 90-75: calidad buena, bosque ligeramente perturbado; 70-55: calidad aceptable, inicio de alteración importante; 30- 50: calidad mala, alteración fuerte; < 25: calidad pésima, degradación extrema (ACA 2006).
- **Indicador biológico:** se considera como indicador biológico a la población de individuos de una determinada especie cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. En la mayoría de los casos, los indicadores biológicos se asocian directamente con calidad de agua, sin que esto implique que no puedan también utilizarse en todo lo relacionado con procesos ecológicos (Pinilla 2000).
- **Índice de hábitat fluvial (IHF):** valora aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente, como son la frecuencia de rápidos, la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión del sustrato y sedimentación en pozas, y la diversidad y representación de sustratos. Asimismo, califica la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada, teniendo en cuenta que, a una mayor heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat le corresponde una mayor diversidad de las comunidades biológicas que lo ocupan (Pardo *et al.* 2002).

- **Índice Biótico Andino (ABI):** permite el uso de los macroinvertebrados como indicador de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de familia y es específico para las zonas andinas (mayor a 2000 m.s.n.m.); además, la metodología requiere solo de datos cualitativos (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y requiere de poco tiempo (Roldan 2003).
- **Calidad de agua:** variable descriptora fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas (Estrela *et al.* 1999).
- **Cambio climático:** modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de una actividad humana. Tales cambios se producen a diversas escalas de tiempo y sobre parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, vientos, etc. (IPCC 2002).
- **Contaminación ambiental:** cantidad de partículas sólidas suspendidas o gases presentes en un volumen de aire, partículas disueltas o suspendidas, bacterias y parásitos acumulados en el agua, concentraciones de sustancias incorporadas en los alimentos o acumuladas en un área específica del suelo de medios permeables, que causan daño a los elementos que conforman el ecosistema (unidad de estudio de la ecología, donde interactúan los seres vivos entre sí, con el conjunto de factores no vivos que forman el ambiente: temperatura, clima, características geológicas, etc.) (INDECI 2006).
- **Rehabilitación ecológica:** reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema. Comparte con la restauración un enfoque fundamental en los ecosistemas históricos o preexistentes como modelos o referencias, pero las dos actividades difieren en sus metas y estrategias (SER 2004).
- **Restauración ecológica:** proceso de ayuda al restablecimiento de un ecosistema degradado, dañado o destruido. Es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad y busca iniciar o facilitar la reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada. Para este caso se debe disponer con un ecosistema

de referencia, que brinde información del estado a lograr o del estado previo al disturbio, que servirá de modelo para planear un proyecto (SER 2004).

- **Gestión de cuencas:** proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. La palabra “coordinado” es bastante neutra y no explicita que en muchos casos están en juego relaciones de competencia y de poder desigual entre usuarios, entre sistemas o entre sectores de uso de agua (GWP 2011).
- **Manejo de cuencas:** trabajo técnico que el hombre realiza a nivel de la cuenca para aprovechar, proteger y conservar los recursos naturales que le ofrece, con el fin de obtener una producción óptima y sostenida para lograr una calidad de vida acorde con sus necesidades (UNA 2002).
- **Índice ECOSTRIAND:** (ECOlógico STatus RIvers ANDean) proporciona un valor de calidad integrado para los ecosistemas fluviales, incluye como parámetros principales como el hábitat ribereño y la calidad biológica del agua. Diseñado como RBP (Rapid Bioassessment Protocol) para ser realizado directamente en el campo en un corto horario de muestreo. El principal valor para determinar la calidad ecológica es el índice biótico, porque se considera incluso cuando el hábitat ribereño tiene un excelente estado de conservación; las aguas muy contaminadas hacen que el funcionamiento del ecosistema de agua dulce sea imposible; sin embargo, el hábitat ribereño andino es un factor clave y en el caso de condiciones biológicas muy buenas en el río, pero de baja calidad ribereña, el valor más alto del estado ecológico será regular (Acosta *et al.* 2009).
- **Análisis de Componentes Principales:** Es una técnica muy útil al combinar distintas variables eligiendo previamente las variables que se ocupan; entrega distintos “componentes” que son la reducción de la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados y que intentan retener la mayor cantidad posible de la variación original. Trabaja la correlación entre las variables y da cuenta de lo que ellas miden en común y lo que cada una mide individualmente que las otras variables no capturan. El PCA ordena los componentes desde aquel que tiene mayor varianza en su interior (es decir, el componente principal) hasta aquellos que contienen menor dispersión, que serán muchas

veces despreciables; el *Eigenvalue* > 1 indica que presenta mayor varianza que una variable de las que contiene el componente (Urdinez 2019).

- **Análisis Cluster:** Método estándar de análisis multivariado que puede reducir una compleja cantidad de información en pequeños grupos o clusters, donde los miembros de cada uno de ellos comparten características similares, el objetivo es formar grupos o clusters homogéneos en función de las similitudes o similitudes entre ellos (Peña, 2002; Lin y Chen 2006).
- **Análisis de Correspondencia Desintegrado – DCA:** interpretación de la secuencia de la respuesta de las variables biológicas (especies) a las gradientes ambientales, la cual reduce dimensiones y facilita la interpretación valorando la importancia de las variables (*eigenectores*) y es importante para el manejo de múltiples gradientes (Alcaraz 2011).

2.3. MARCO LEGAL

A continuación, se presenta el marco legal relacionado con el manejo de cuencas y gestión ambiental, que se detallan a continuación.

La Constitución Política del Perú establece en el **Artículo 66** que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento, por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal. Por su parte en su **Artículo 67** señala que el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Ley N° 27867 “Ley Orgánica de Gobiernos Regionales” 08 de noviembre de 2002. Establece y norma la estructura, organización, competencias y funciones de los gobiernos regionales. Define la organización democrática, descentralizada y desconcentrada del gobierno regional conforme a la Constitución y a la ley de bases de la descentralización.

Ley N° 27972 “Ley Orgánica De Municipalidades” - 06 de mayo de 2003. Esta ley norma la organización, autonomía, competencia, funciones y recursos de las municipalidades que son los órganos del gobierno local, los cuales representan al vecindario, promueven la adecuada prestación de los servicios públicos locales y el desarrollo integral, sostenible y armónico de sus jurisdicciones.

Ley N° 28245 “Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental” 04 de julio de 2004. El objetivo de la política nacional ambiental es el mejoramiento continuo de la calidad de vida de las personas, mediante la protección y recuperación del ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, garantizando la existencia de ecosistemas viables y funcionales en el largo plazo.

Ley N° 28611 “Ley General del Ambiente” 15 de octubre de 2005. Actualizada el 29 de abril del 2009. La política nacional ambiental constituye el conjunto de lineamientos, objetivos, metas, programas e instrumentos de carácter público, que tienen como propósito definir y orientar el accionar de las entidades del gobierno nacional, regional, como del sector privado y la sociedad civil, en materia ambiental.

Ley N° 30215 “Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos” 29 de junio de 2014. Promueve, regula y supervisa los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas.

Ley N° 26821. “Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales”. 25 de junio de 1997 y Decreto Supremo N° 087-2004-PCM que “Aprueba el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE)”. 23 de diciembre de 2004. Es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales.

Ley N° 29664 - “Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres” 19 de febrero de 2011. Sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la gestión del riesgo de desastres.

Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”. 31 de marzo de 2009. Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Asimismo, el uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.

Resolución Ministerial N° 026-2010-MINAM. “Lineamientos de política para el Ordenamiento Territorial”. 23 de febrero de 2010. Es una política de Estado, un proceso político y técnico administrativo de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, la regulación y promoción de la localización y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos; de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial sobre la base de la identificación de potenciales y limitaciones, considerando criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos.

Ley N° 30640. “Ley que Modifica la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos, mediante el establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las cabeceras de cuenca”. 16 de agosto de 2017. La presente ley tiene por objeto regular la conservación y protección de las cabeceras de cuenca, incorporando en el artículo 75 de la Ley N° 29338, el cual menciona: “El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan los cursos de agua de una red hidrográfica”. La autoridad nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua. Asimismo, debe elaborar un marco metodológico de criterios técnicos para la identificación, delimitación y zonificación de las cabeceras de cuenca.

2.4. MARCO INSTITUCIONAL

2.4.1. Autoridad Nacional del Agua ANA

Funciones

- Planificar las acciones de la Autoridad Nacional del Agua a través de la aprobación de la política y estrategia nacional de los recursos hídricos, el plan nacional de recursos hídricos el plan estratégico institucional y el plan operativo institucional la dirige

aprobando principalmente el presupuesto institucional supervisando su ejecución a través de los informes de evaluación semestral que formula la oficina de planeamiento y presupuesto, así como de los informes anuales del sistema nacional de control.

- Aprobar la propuesta de la jefatura de los lineamientos de planificación, dirección y supervisión de la Autoridad Nacional del Agua para liderar a nivel nacional la gestión integrada y multisectorial de los recursos hídricos.
- Establecer metodologías y criterios aplicables para la delimitación de fajas marginales de los cauces de agua naturales o artificiales, todo ello con arreglo a las disposiciones establecidas en la ley de recursos hídricos.

2.4.2. Ministerio del Ambiente – MINAM. Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos

Artículo 1. - Objetivo. Promover, regular y supervisar el diseño e implementación de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (MRSE), que se deriven de acuerdos voluntarios que establezcan acciones de conservación, recuperación y uso sostenible, a fin de asegurar la permanencia de los ecosistemas.

Artículo 5.- Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. Son esquemas, herramientas, instrumentos e incentivos para generar, canalizar, transferir e invertir recursos económicos, financieros y no financieros, donde se establece un acuerdo entre contribuyente y retribuyente(s) al servicio ecosistémico, orientado a la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos. Un MRSE puede ser diseñado en base a uno o más servicios ecosistémicos.

2.4.3. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Funciones

- Asesorar y proponer al ente rector, contenido de la política nacional de gestión del riesgo de desastres, en lo referente a estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres.
- Asesorar y proponer al ente rector la normativa que asegure y facilite los procesos técnicos y administrativos de estimación, prevención y reducción de riesgo, así como de reconstrucción.

- Brindar asistencia técnica al gobierno nacional, gobiernos regionales y locales, en la planificación para el desarrollo con la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en lo referente a la gestión prospectiva y correctiva, en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como la reconstrucción.

2.4.4. Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales

Incorporan en sus procesos de planificación, de ordenamiento territorial, de gestión ambiental y de inversión pública, gestión del riesgo de desastres. Para esto, realiza un análisis de los proyectos de desarrollo e inversión.

Funciones

- Los presidentes regionales y los alcaldes, constituyen y presiden los grupos de trabajo de la gestión del riesgo de desastres, como espacios internos de articulación para la formulación de normas y planes, evaluación y organización de los procesos de gestión del riesgo de desastres en el ámbito de su competencia. Estos grupos coordinan y articulan la gestión prospectiva, correctiva y reactiva en el marco del SINAGERD.
- Organizar y ejecutar acciones de prevención de desastres y brindar ayuda directa e inmediata a los damnificados y la rehabilitación. Estas acciones serán coordinadas a través de los grupos de trabajo, para brindar ayuda inmediata de los damnificados y la rehabilitación de las poblaciones afectadas serán asumidas a través de los mecanismos de preparación, respuesta y rehabilitación determinados.
- Los gobiernos regionales y gobiernos locales, participan en la gestión de los recursos hídricos de conformidad con sus leyes orgánicas, la ley y el reglamento. En tal virtud, tienen representatividad en el consejo directivo de la autoridad nacional del agua y en los consejos de recursos hídricos de cuenca.
- La autoridad administrativa del agua, en coordinación con el ministerio de agricultura, gobiernos regionales, gobiernos locales y organizaciones de usuarios de agua promoverá el desarrollo de programas y proyectos de forestación en las fajas marginales para su protección de la acción erosiva de las aguas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación política

El área de estudio comprende la cuenca del río Ramuschaca, ubicada entre las coordenadas 797182 E 8510838 N, distrito de Zurite, provincia de Anta, región Cusco, como se muestra en la Figura 1.

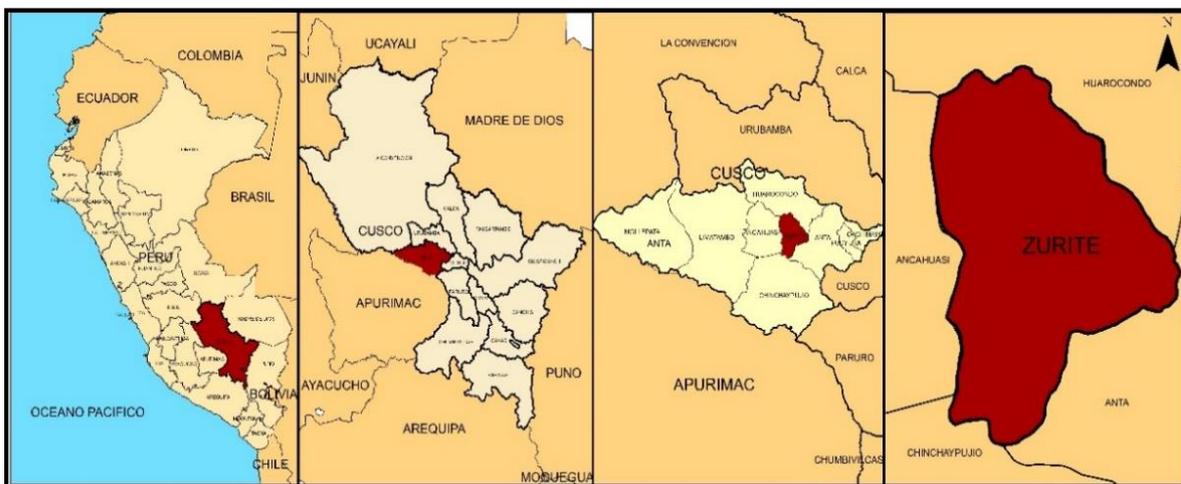


Figura 1: Ubicación política de la cuenca del río Ramuschaca

3.1.2. Ubicación hidrográfica

Mediante la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas del Perú de PFAFSTETTER se determinó la ubicación hidrográfica, así como la fisiográfica (Figura 22, del Anexo 5), clasificando a la cuenca de Ramuschaca con el código 499496378 (IMA 2013), tal como se muestra en la Figura 2.

- 49 = Cuenca del Amazonas.
- 499 = Cuenca del Ucayali.
- 4994 = Cuenca del Bajo Urubamba.
- 49949 = Cuenca media del Vilcanota.
- 499496 = Cuenca del Huarocondo.

- 4994963 = Intercuenca Medio Bajo Huarocondo.
- 49949637 = Cuenca de Hatum Mayu.
- 499496378 = Cuenca de Ramuschaca

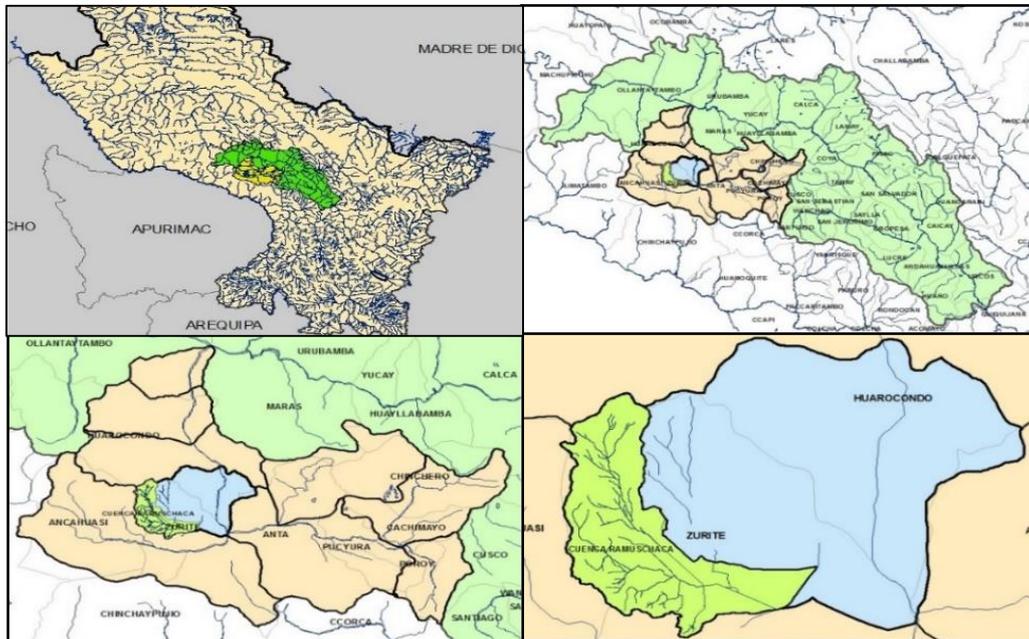


Figura 2: Delimitación y codificación PFAFSTETTER de la cuenca del río Ramuschaca

3.1.3. Accesibilidad

El distrito de Zurite se encuentra ubicado a 40 km hacia el Noroeste de la ciudad del Cusco, se accede al lugar por la carretera asfaltada Cusco - Abancay pasando por los poblados de Poroy y Cachimayo, llegando a la ciudad de Anta, posteriormente se avanza hasta la entrada a la localidad de Zurite que está a 2 km. Para el acceso a las comunidades del distrito, se siguen caminos que existen en la zona, asimismo existen trochas carrozables hacia la cantera y hacia la parte alta de la cuenca de Ramuschaca.

3.1.4. Clima

De acuerdo con Thornthwaite (1948) la cuenca del río Ramuschaca tiene tres climas (Figura 24, del Anexo 5): (1) en la parte alta, clima lluvioso semifrío con invierno seco; (2) la parte media, lluvioso frío con invierno seco; (3) la parte baja, semiseco semifrío con invierno seco.

La precipitación total anual, en promedio es de 875,1 mm; entre diciembre a marzo, se tiene la mayor cantidad de precipitación, aproximadamente, el 71,60 por ciento. La temperatura

media anual es de 10,72 °C, alcanzando una temperatura máxima de 12,33 °C, durante enero y mínima de 7,71 °C en julio (SENAMHI 2019), como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1: Temperatura y precipitación promedio (1964 - 2019)

Meses	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Enero	180,80	12,33
Febrero	158,90	12,31
Marzo	141,00	12,22
Abril	46,30	11,40
Mayo	7,80	9,34
Junio	5,30	7,92
Julio	7,50	7,71
Agosto	7,70	8,91
Septiembre	19,10	10,37
Octubre	59,00	11,72
Noviembre	95,90	12,22
Diciembre	145,80	12,26
Total	875,10	
Promedio		10,72

FUENTE: SENAMHI (2019)

- En la temporada de estío (ausencia de lluvias), entre mayo y septiembre, ocurre estrés hídrico en la cuenca.
- La época con mayores precipitaciones pluviales se encuentra entre noviembre a marzo, superando los 100 mm, mientras que en los meses de septiembre, noviembre y abril se observa precipitaciones menores a 100 mm. Por consiguiente, la temporada de lluvias se extiende por ocho meses (septiembre a abril).

Se tiene variaciones de precipitación con un incremento de 269,6 mm, demostrando que el aumento en las precipitaciones es un factor que influye en los procesos biológicos y físicos de la cuenca. Concerniente a la temperatura, se puede observar un aumento de 0,86 °C en los últimos 16 años, evidenciando los efectos del cambio climático (Figura 3).

1964 – 1979: Precipitación: 748,8 mm

Temperatura: 9,91°C

1980 – 1995: Precipitación: 839,0 mm (+**90,2 mm**)

Temperatura: 9,74 °C (**-0,17**)

1996 – 2010: Precipitación: 1018,4 mm (+**179,4 mm**)

Temperatura: 10,60°C (**+0,86**)

2011 - 2019: Precipitación: 828,7 mm (**- 189,7 mm**)

Temperatura: 10,85°C (**+ 0,25**)

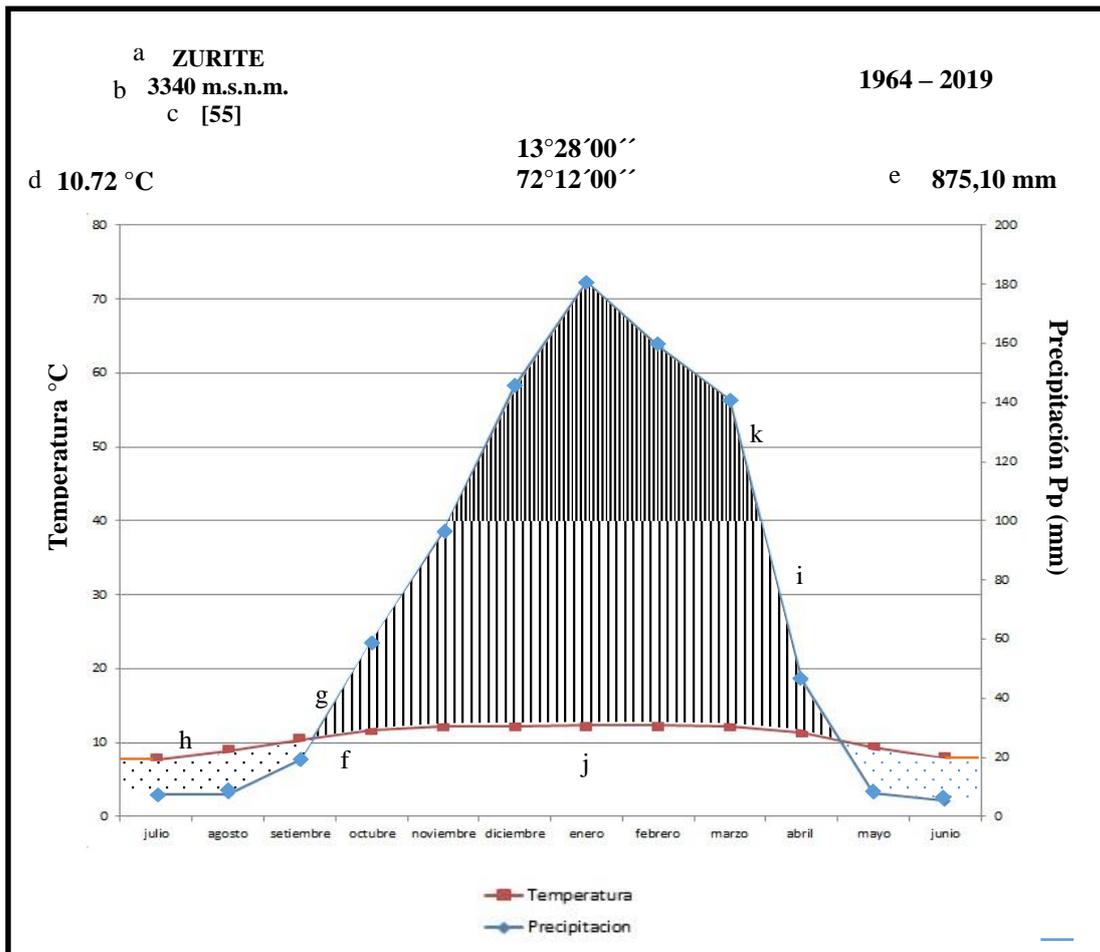


Figura 3: Climatograma del distrito de Zurite, Anta, Cusco (1964 - 2019)

Leyenda:

- a: Estación meteorológica
- b: Altitud
- c: Número de años de observación
- d: T° media anual,
- e: Precipitación media anual,
- f: Curva de promedios mensuales de la T°
- g: Curva de promedios mensuales de las precipitaciones
- h: Época de estío
- i: Época de precipitación
- j: Meses, periodos
- k: Precipitación que supera los 100 mm (en la proporción 1:10)

a. Variación climática de la cuenca del río Ramuschaca

Se elaboraron climatogramas cada 15 años para poder visualizar la evolución de la temperatura y la precipitación en la cuenca y de esta manera entender la dinámica fluvial.

Entre 1964 y 1979, la precipitación anual en la estación Ancachuro, en promedio, fue de 748,8 mm. En estos 15 años la temperatura media anual fue de 9,91 °C, alcanzando una

máxima de 12,05 °C en noviembre y una mínima de 7,66 °C en julio (Figura 4). La temporada de estío fue entre mayo y septiembre y, la época con mayores precipitaciones pluviales fue de noviembre y marzo, superando los 100 mm (SENAMHI 2019).

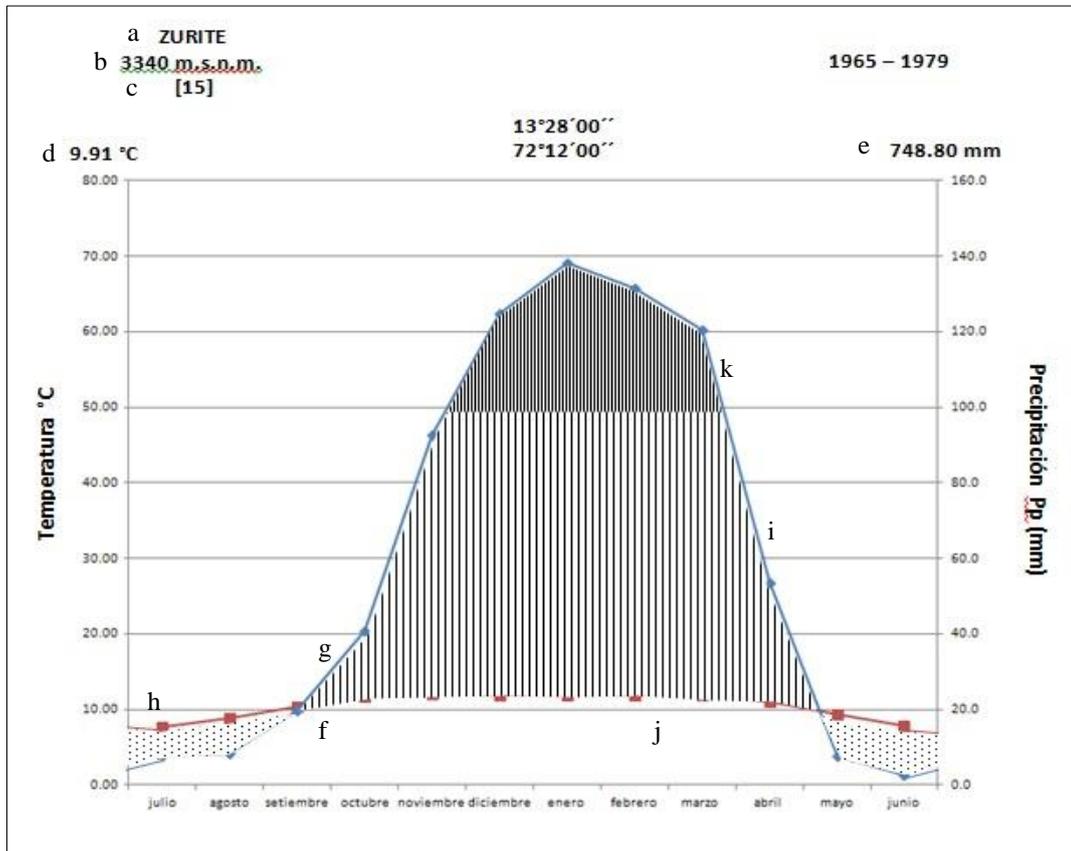


Figura 4: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1964-1979)

Leyenda:

- a: Estación meteorológica
- b: Altitud
- c: Número de años de observación
- d: T° media anual
- e: Precipitación media anual
- f: Curva de promedios mensuales de la T°
- g: Curva de promedios mensuales de las precipitaciones
- h: Época de estío
- i: Época de precipitación
- j: Meses, periodos
- k: Precipitación que supera los 100 mm (en la proporción 1:10)

Entre 1980 y 1995, la precipitación anual fue de 839 mm, teniendo un incremento de 90,2 mm, en comparación a los 15 años anteriores. La temperatura media anual fue de 9,74 °C, alcanzando una máxima de 12,02 °C en enero y mínima de 7,55 °C, para julio (Figura 5). La

temporada de estío fue entre mayo y septiembre y, la época con mayores precipitaciones pluviales fue entre diciembre y marzo, superando los 100 mm (SENAMHI 2019).

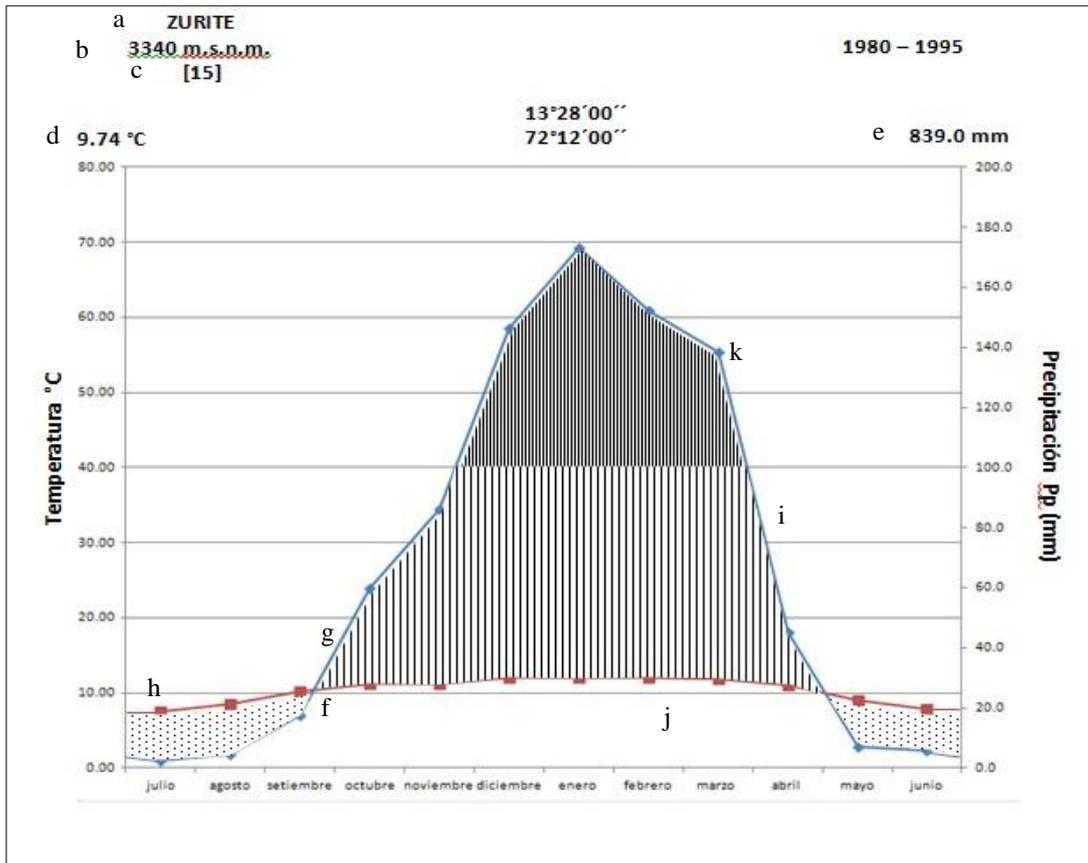


Figura 5: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1980-1995)

Leyenda:

- a: Estación meteorológica
- b: Altitud
- c: Número de años de observación
- d: T° media anual
- e: Precipitación media anual
- f: Curva de promedios mensuales de la T°
- g: Curva de promedios mensuales de las precipitaciones
- h: Época de estío
- i: Época de precipitación
- j: Meses, periodos
- k: Precipitación que supera los 100 mm, (en la proporción 1:10)

Entre 1996 y 2010, la precipitación anual en promedio fue de 1018,4 mm, registrando para enero 225,8 mm de promedio, el incremento fue de 179,4 mm. En estos 15 años la temperatura media anual fue de 10,60 °C, alcanzando una máxima de 12,97 °C en diciembre y mínima de 8,15 °C en julio (Figura 6). La temporada de estío fue de abril y septiembre; la

época con mayores precipitaciones fue entre noviembre y abril, superando los 100 mm (SENAMHI 2019).

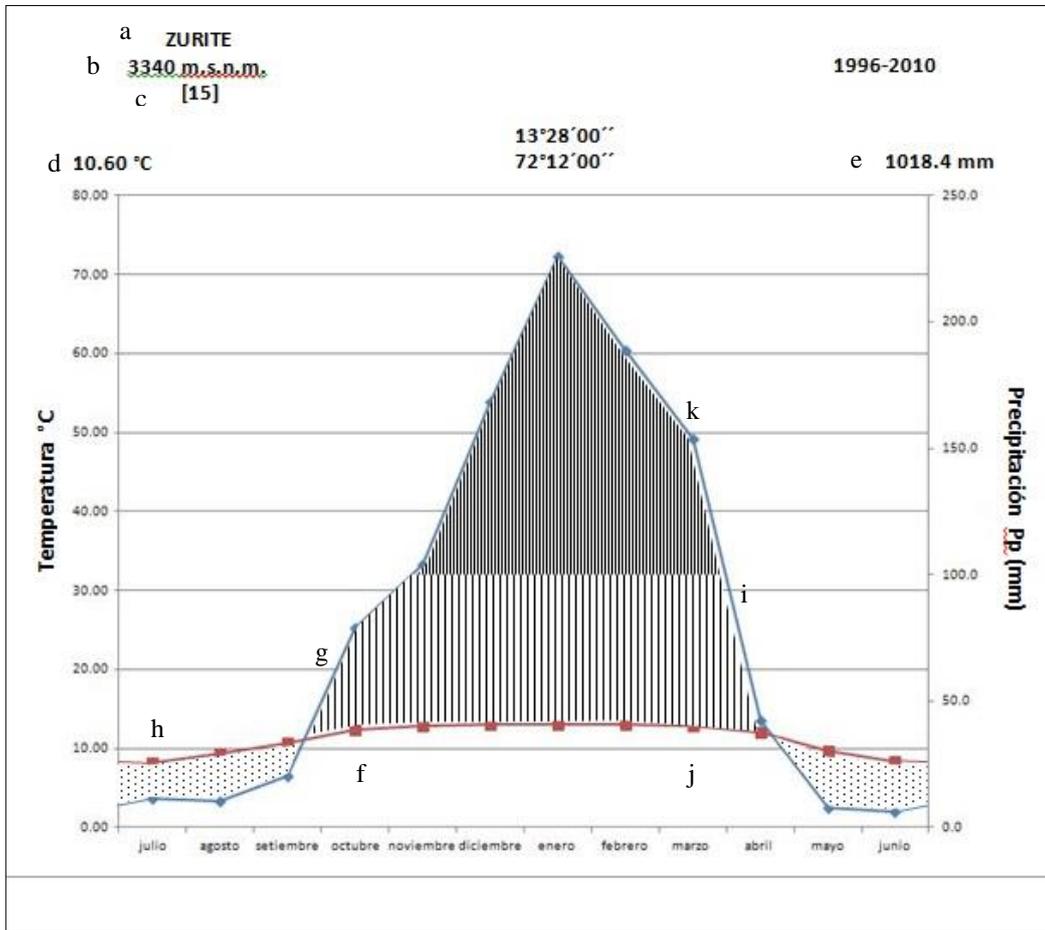


Figura 6: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (1996 - 2010)

Leyenda:

- a: Estación meteorológica
- b: Altitud
- c: Número de años de observación
- d: T° media anual
- e: Precipitación media anual
- f: Curva de promedios mensuales de la T°
- g: Curva de promedios mensuales de las precipitaciones
- h: Época de estío
- i: Época de precipitación
- j: Meses, periodos
- k: Precipitación que supera los 100 mm (en la proporción 1:10)

Entre 2011 y 2019, la precipitación total anual fue de 828,7 mm, registrando en diciembre 197,7 mm de promedio, la disminución de la precipitación fue de 189,7 mm. En estos nueve años la temperatura media anual fue de 10,85 °C, alcanzando una máxima de 16,06 °C en noviembre y mínima de 8,3 °C para junio (Figura 7). La temporada de estío fue entre mayo

y septiembre y, la época con mayores precipitaciones entre noviembre y marzo, superando los 100 mm (SENAMHI 2019).

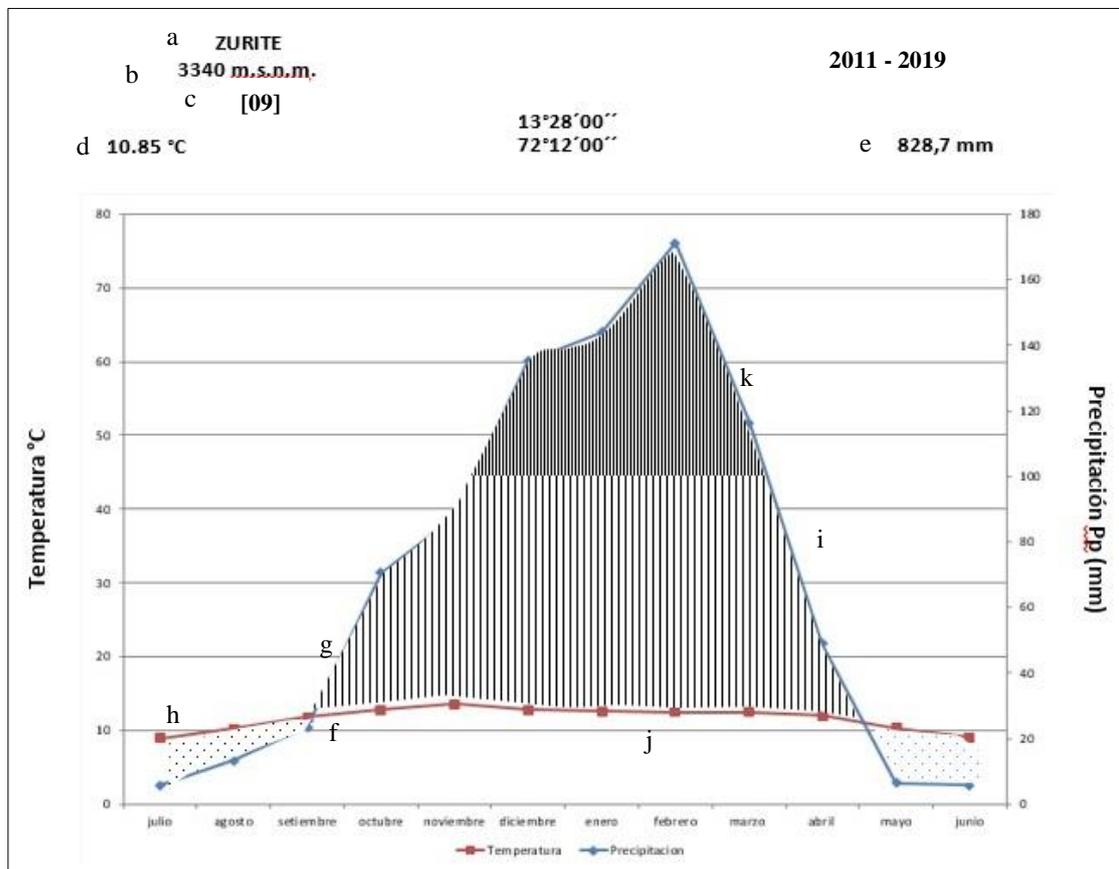


Figura 7: Climatograma de la estación meteorológica de Ancachuro (2011 - 2019)

Leyenda:

- a: Estación meteorológica
- b: Altitud
- c: Número de años de observación
- d: T° media anual
- e: Precipitación media anual
- f: Curva de promedios mensuales de la T°
- g: Curva de promedios mensuales de las precipitaciones
- h: Época de estío
- i: Época de precipitación
- j: Meses, periodos
- k: Precipitación que supera los 100 mm (en la proporción 1:10)

3.1.5. Geología

Según el IMA (2013), la cuenca de Ramuschaca presenta las siguientes formaciones geológicas.

- **Grupo San Jerónimo:** aflora ampliamente en la zona alta y media de la cuenca, conformada litológicamente por una alternancia de: areniscas, lutitas, y abundantes conglomerados de clastos de diferente naturaleza (cuarcita), sobre el cual se ubica el grupo Yuncaypata.
- **Grupo San Sebastián:** aflora en la zona baja de la cuenca (poblado de Zurite) litológicamente está conformado por dos secuencias una de grado decreciente de areniscas fluviales y lutitas lacustres y la segunda con grado creciente de constituida por conglomerados y areniscas.
- **Grupo Yuncaypata:** afloran en forma continua y muestra una secuencia compuesta por lutitas rojas, areniscas, algunas lutitas verdes y estratos potentes de calizas marinas. Rocas Intrusivas son rocas de granodiorita y microdiorita que afloran en la cuenca alta y en la cantera de Zurite, se trata de roca intrusiva del batolito de Andahuaylas Yauri que se encuentran altamente fracturadas y meteorizadas.

Los grandes bloques de lutitas son atravesados por una falla inversa, donde se encuentra el acuífero, originando el manantial Llamakancha que contribuyó en el deslizamiento y aluvión, tal como se observa en la Figura 8.



Figura 8: Afloramiento de lutitas en el cerro Jatun Ayamoqo de la cuenca de Ramuschaca

3.1.6. Geomorfología

Según el IMA (2013), la cuenca de Ramuschaca presenta una extensión de 1567,5 ha, que corresponden a las pampas de Anta, Maras, Huaypo y Chincheros.

Los factores fisiográficos del medio ambiente indudablemente se relacionan con las características naturales de la tierra, como unidades geomorfológicas, se pueden considerar: cerros y laderas de cerros, con abanicos aluviales, formados por deposición de material de acarreo, transportadas por las aguas que descienden de los cerros de la zona, las colinas altas, caracterizada por presentar laderas de moderada pendiente (20 a 40°), que se ven principalmente afectados por procesos geodinámicos como deslizamientos.

Esta unidad genera deslizamientos por su pendiente y peligros potenciales que incrementan el nivel de riesgo de la cuenca (Figura 25, del Anexo 5).

3.1.7. Hidrología

Según el IMA (2013), el río Ramuschaca tiene su origen en los manantiales, acuíferos y las lluvias que se presentan en la época de lluvias que existe en la cuenca; durante el periodo húmedo es afluente del río Vilcanota.

El principal uso del agua es para riego. El caudal del riachuelo y manantial, varía de acuerdo a la recarga de las precipitaciones pluviales; sin embargo, la falta de lluvias, generan consecuencias en la disminución del caudal de los manantiales (Figura 23, del Anexo 5).

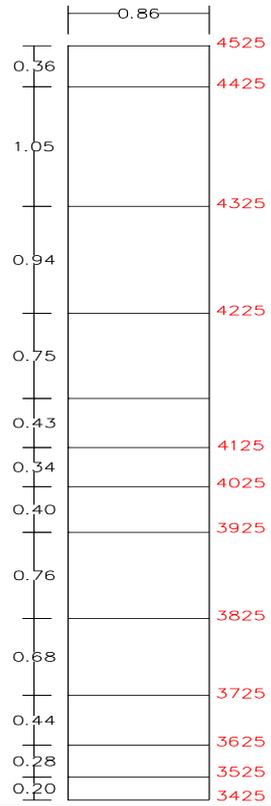
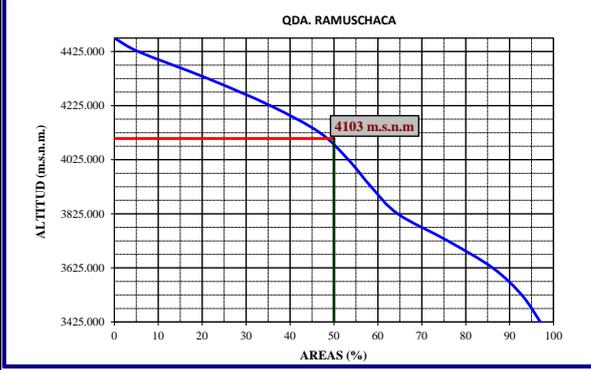
En época de lluvias el río Ramuschaca incrementa su caudal, lo que representa un peligro potencial para el poblado de Zurite ya que el río puede desbordarse del cauce principal y generar inundaciones tanto en el centro poblado y en las áreas agrícolas.

a. Parámetros morfológicos de la cuenca

Las características físicas de la cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales y con las actividades antrópicas.

Asimismo, los parámetros morfológicos, ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y se interrelaciona con el desarrollo en la cuenca del río Ramuschaca, con fines de aprovechamiento o control. En la Tabla 2 se presentan los principales parámetros morfológicos de la cuenca.

Tabla 2: Parámetros morfológicos de la cuenca del río Ramuschaca

N°	Parámetro	Und	Cuenca
1	Área de la cuenca	ha	1567,5
2	Perímetro	km	24,82
3	Longitud de cauce	km	9,18
4	Índice compacidad (Gravelius)	-.-	1,76 (casi rectangular-alargada)
5	Índice de forma de la cuenca	-.-	0,26 (rectangular alargada)
6	Rectángulo equivalente Lado mayor: 6.665 Lado menor: 0.85	km	
7	Altitud mediana de la cuenca	m.s.n.m.	
8	Pendiente de cauce	%	19,79
9	Forma de la cuenca	-.-	alargada

«Continuación»			
N°	Parámetro	Und	Cuenca
10	Perfil longitudinal del río Ramuschaca: <ul style="list-style-type: none"> • Altura máxima: 4497 • Altura mínima: 3300 	m.s.n.m.	<p>PERFIL LONGITUDINAL QDA. RAMUSCHACA</p>

FUENTE: IMA (2013)

b. Caudal medio

El río Ramuschaca y sus afluentes tienen una variación en sus caudales en función de la época del año, ya sea de lluvias y/o de estiaje. En la Tabla 3 se presentan los caudales medio del río Ramuschaca, registrando un caudal máximo de 118,0 l/s, para febrero, y un mínimo de 16,2 l/s, para julio (PLAN MERISS 2020).

Tabla 3: Caudal medio del río Ramuschaca

Caudal l/s													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
Media	99,9	118,0	104,1	50,1	39,4	22,4	16,2	21,1	38,5	64,4	75,2	85,3	67,4

FUENTE: Plan MERISS (2020)

c. Caudal máximo

Está relacionado con la cantidad de agua que fluye en un determinado período de tiempo (años); para lo cual, se tomó como referencia la altura máxima de precipitación que tuvo la cuenca en los últimos 46 años de observación y se utilizó la metodología del hidrograma unitario (HEC-HMS). En la Tabla 4 se detalla los caudales calculados para la cuenca del río Ramuschaca para diferentes periodos de retorno (IMA 2013).

Tabla 4: Caudales máximos generados

Tiempo de retorno: años	Caudal
	[m ³ /s]
25	9,60
50	13,20
100	16,80
200	21,40

FUENTE: IMA (2013)

3.1.8. Edafología

La cuenca del río Ramuschaca, ocupa posiciones fisiográficas de piso de valle, ladera media y alta de origen aluvio-coluvial y aluvial. En general, dominan los suelos parduscos o rojizos, formados por sedimentos recientes de las planicies aluviales, que a menudo son inundados (Figura 26, del Anexo 5), conformado por gravas y bloques areno-arcilloso, con frecuencia contiene material derivado de suelos anteriores; el centro poblado de Zurite se encuentra en el depósito aluvial con arcilla, limo y arena ligeramente pedregosa (IMA 2013).

3.1.9. Pendiente

En la cuenca de Ramuschaca, existen fallas geológicas, suelos inestables, altas e intensas precipitaciones pluviales, fuertes pendientes y alteración antrópica del paisaje natural (Figura 27, del Anexo 5), generando pendientes mayores a 50°, llegando a 70° en la cuenca alta, entre 30° a 60° en la cuenca media y en la parte baja, de 10° hasta 20°.

3.1.10. Ecología

La ecología de la cuenca del río Ramuschaca se describe a continuación.

a. Zonas de vida

La cuenca de Ramuschaca se encuentra ubicada en las zonas de vida: bosque seco montano bajo subtropical (BsMBS), bosque húmedo montano subtropical (BhMS) y páramo muy húmedo subalpino subtropical (PmhSaS) (ONERN 1976).

- **Bosque seco Montano Bajo subtropical (BsMBS)**

Zona de vida natural que se ubica entre 2960 a 3300 m.s.n.m., en el valle meso andino del Vilcanota, en el cual se encuentra el centro poblado de Zurite. El relieve es suave a plano, propio de los valles interandinos y una pendiente, típico de las laderas de estos valles. Los suelos son de textura media a pesada, de reacción neutra o calcárea y con buen drenaje, asimismo, cuenta con un clima templado.

La vegetación primaria del piso del valle ha sido fuertemente alterada y sustituida en gran parte por la habilitación de tierras de cultivo bajo riego y en las partes superiores como es el caso de Zurite, para los cultivos de secano y riego. Otro factor que ha influido en la alteración de la vegetación es el proceso continuo de expansión urbana.

- **Bosque húmedo Montano Subtropical (BhMS)**

Esta zona de vida se ubica entre los 3300 a 4000 m.s.n.m., en forma continua en las laderas de la cuenca y áreas circundantes del distrito de Zurite. Esta zona de vida limita en su parte inferior con el bosque seco montano bajo subtropical, el relieve es empinado e inclinado con escasas áreas de topografía suave que conforman las partes superiores de las laderas que enmarcan los valles interandinos. La vegetación natural está compuesta por tres estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los límites superiores de esta zona comparten con el páramo especies de pastizales naturales alto andino, compuestos principalmente por gramíneas como las *Stipa*, *Calamagrostis*, *Festuca* y herbáceas postradas como las del género *Perezia*, *Werneria*, *Azorella*, *Hypochoeris*, entre otros. Según se desciende se presentan especies arbóreas y arbustivas tales como: *Cassia*, *Senna* y especies de los géneros *Berberis*, *Baccharis*, *Calceolaria*, representados por macizos de eucalipto.

- **Páramo muy húmedo Subalpino Subtropical (PmhSaS)**

Se encuentra por encima de los 4000 m.s.n.m. Esta zona de vida se presenta con todas las características de pastizales naturales. La topografía está definida por áreas bastantes extensas de relieve plano, consideradas como mesetas altoandinas, con colinas medianamente elevadas y en algunos tramos con afloramientos rocosos que forman parte de las tierras de protección. La formación vegetal dominante de esta zona es pastizal natural, que tienen una composición florística con dominio de gramíneas asociados a herbáceas, entre las cuales se tiene: *Stipa ichu*, *Calamagrostis vicunarium*, *Festuca dolichophylla*, *Rumex cuneifolius*, *Taraxacum officinalis*, asimismo, en los roquedales se observa las bromeliáceas.

b. Vegetación

La vegetación es un componente biológico muy importante para el ambiente porque protege al suelo de la erosión, constituye el hábitat de muchas especies, regulan el escurrimiento del agua y representan la base productiva de los ecosistemas existentes, además de su propia estructura y diversidad constituido como un elemento primordial. En la parte alta del área de estudio las bajas temperaturas y alta radiación solar, configuran una vegetación de muy bajo porte, con cambios inducidos por la topografía y grado de humedad del suelo.

La cobertura vegetal a menores altitudes, está dominado por matorrales con comunidades leñosas y arbustivas. Asimismo, se tiene la presencia de zonas alteradas por la actividad humana, principalmente, para fines de plantaciones forestales y agrícolas, las que han causado una simplificación y homogeneización de la vegetación. El área de estudio es de 1567,5 ha (Figura 28, del Anexo 5), en la cual se ubican las eco-regiones de la puna y piso de valle interandino, donde, de acuerdo a las variaciones altitudinales que determinan las variaciones climáticas, edafológicas y topográficas, es posible encontrar 15 unidades de vegetación. En la Tabla 5 se describen las unidades de cobertura vegetal identificadas.

Tabla 5: Unidades de cobertura vegetal

Descripción	Superficie	
	Hectáreas	Porcentaje
Afloramiento de roca	65,78	4,19
Cerco vivo	23,49	1,50
Cultivos con riego	436,37	27,88
Cultivos en secano	170,09	10,84
Humedal	15,48	0,99
Matorral arbolado	14,51	0,92
Matorral denso	17,94	1,14
Matorral ralo	81,65	5,20
Pastizal de <i>Calamagrostis</i> y <i>Festuca</i>	30,01	1,91
Pastizal de <i>Stipa</i>	146,54	9,34
Plantaciones de eucalipto	211,40	13,49
Plantaciones de retoño de eucalipto	109,76	7,00
Vegetación escasa	25,40	1,62
Vegetación disturbada	15,94	1,02
Suelo desnudo	157,52	10,04
Asentamiento urbano	30,88	1,97
Asentamiento rural	4,46	0,28
Reservorio	0,09	0,01
Cantera	10,20	0,65
Total	1567,5	100,00

FUENTE: IMA (2013)

c. Descripción de las unidades de vegetación

- **Área sin vegetación - vegetación rala**

Esta unidad corresponde a las zonas con presencia de afloramiento de rocas, áreas con alteración por procesos geodinámicos (derrumbes, cárcavas y deslizamientos), asimismo, áreas alteradas por la actividad antrópica (habilitación de accesos carrozables). Estas zonas se caracterizan por la presencia nula o esporádica cobertura

vegetal, compuesta por *poaceas* y pequeñas hierbas que se ubican en las pequeñas hendiduras y depresiones del suelo (IMA 2013).

- **Plantaciones de eucalipto**

En la Figura 9 se muestran áreas que han sido cultivadas por los pobladores del distrito de Zurite con eucalipto (*Eucalyptus globulus*); estas plantaciones fueron realizadas por las comunidades con la finalidad de obtener ingresos económicos, producto de la venta de madera. Esta especie, también, es utilizada como combustible y para la construcción de viviendas. Esta área corresponde a una superficie de 211,40 ha, las cuales se ubican en tres sectores de la cuenca media del río Ramuschaca.



Figura 9: Áreas con plantaciones de eucalipto

- **Plantaciones de eucalipto (retoño)**

Zonas que han sido taladas para la venta de madera o leña de *Eucalyptus globulus*, que se encuentran en estado de retoño, corresponden a 109,76 ha. Existen algunos individuos de la familia *poacea* y la presencia de roque (*Colletia spinosissima*); la poca presencia de otras especies puede ser debido al rápido crecimiento de los árboles de eucalipto que disminuyen la disponibilidad de recursos y de agentes químicos alelopáticos que evitan el crecimiento de otras plantas.

- **Cercos vivos**

Comprenden especies destinadas a los cercos de las parcelas de cultivo, las cuales se encuentran ubicadas en la parte baja del valle de Zurite, donde se puede observar la presencia de especies arbóreas como eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sauce (*Salix*

chilensis), álamo (*Populus sp*), pino (*Pinus radiata*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*) y arbustiva como el Mutuy (*Senna birostris*).

La altura promedio de estas especies es de 8 y 17,5 m, con una circunferencia basal de 47 cm. Asimismo, se encuentran especies herbáceas como: *Senecio comosus*, *Solanum sandianum*, *Sonchus oleraceus L*, *Verbena litoralis*, entre las más representativas.

La estructura y composición de la vegetación de cercos vivos se describe en la Tabla 6.

Tabla 6: Composición de la vegetación de cercos vivos

Familia	Nombre científico	Nombre común
<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis latifolia</i>	Chillca
<i>Caesalpiniaceae</i>	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara
<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés
<i>Fabaceae</i>	<i>Senna birostris</i>	Mutuy
	<i>Spartium junceum</i>	Retama
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus radiata</i>	Pino
<i>Polemoniaceae</i>	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu
<i>Salicaceae</i>	<i>Salix chilensis</i>	Sauce
	<i>Populus sp</i>	Alamo
<i>Solanaceae</i>	<i>Lycianthes lycioides</i>	Amacasa

FUENTE: IMA (2013)

- **Cultivos con riego**

Comprende áreas destinadas para el cultivo de productos agropecuarios como maíz (*Zea mays*), de pastura como rye grass (*Lolium sp.*) y avena (*Avena sativa*), estas áreas se encuentran ubicadas en la parte baja del valle de Zurite.

- **Cultivos en secano**

Áreas que no se cuentan con riego, utiliza únicamente la lluvia como fuente de producción, se caracterizan por presencia de tierras con diferentes niveles de tecnología que permiten el desarrollo de agricultura, estas áreas son utilizadas por los pobladores de las comunidades para el cultivo de productos para su autoconsumo tales como la papa, tarwi, olluco, oca y cebada.

- **Humedal**

Se encuentra localizada por encima de los 4000 m.s.n.m. y en la parte baja de la planicie ocupando los suelos saturados con agua. Esta unidad generalmente, se localiza en pendientes de escasa inclinación. Sobresale la presencia de pequeñas especies arrosetadas y almohadilladas.

Estas unidades son de especial importancia como recurso forrajero para ganado. En las cuales se registraron *Poaceae* y *Rosaceae*; como *Alchemilla pinnata*, *Cyperaceae* *Eleocharis sp*, *Distichia muscoides* entre las más representativas. Asimismo, se ha podido encontrar especies como: *Stipa ichu*, *Hypochaeris eremophila*, *Cerastium peruviamun*, *Gentiana sedifolia*.

- **Matorral ralo**

Se caracteriza por presentar comunidades vegetales en las que el papel preponderante corresponde a las gramíneas, con escasa presencia de matorrales en laderas suaves, donde la humedad favorece el desarrollo de la vegetación; asimismo, se tiene la presencia de especies arbustivas como *Baccharis tola*, y herbáceas como *Senecio sp*, *Astragalus garbancillo*; estas áreas son utilizadas para el pastoreo de ganado ovino y vacuno.

El matorral está compuesto por densas asociaciones de gramíneas y arbustos, tal como se muestra en la Figura 10.



Figura 10: Matorral con presencia de *Astragalus garbancillo* y *Senecio sp*

Asimismo, la estructura y composición de la unidad de cobertura vegetal, se describe en la Tabla 7.

Tabla 7: Composición de la vegetación del matorral ralo

Familia	Nombre científico	Nombre común
Asteraceae	<i>Ageratina sternbergiana</i>	Manca paqui
	<i>Baccharis odorata</i>	Tayanca
	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli
	<i>Bidens andicola</i>	P'irka
	<i>Hypochaeris eremophila</i>	Pilli pilli
	<i>Senecio comosus</i>	Wira wira
Berberidaceae	<i>Berberis boliviana</i>	Cheqche
Campanulaceae	<i>Siphocampylus tupaeformis</i>	Huacasullo
Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i>	Habas del diablo
	<i>Senna birostris</i>	Mutuy
Lamiaceae	<i>Minthostachys setosa</i>	Muña
Loasaceae	<i>Cajophora contorta</i>	Puka quisa
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp</i>	Oca oca
Poaceae	<i>Calamagrostis adans</i>	Crespillo
	<i>Festuca sp.</i>	Cañuela roja
Polygalaceae	<i>Monnina salicifolia</i>	Wallwa
Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>	Mullaka
Scrophulariaceae	<i>Agrostis sp.</i>	Pasto quila
	<i>Bartsia camporum</i>	Pantay ñucchu
	<i>Bartsia thiantha</i>	Q'ora
	<i>Calceolaria engleriana</i>	Zapatitos
Aspleniaceae	<i>Asplenium sp</i>	Helecho

FUENTE: IMA (2013)

- **Matorral arbolado**

Se caracteriza por presentar comunidades vegetales en las que existe presencia de árboles esparcidos dentro del matorral, sin llegar a formar un bosque; asimismo, las especies arbóreas presentes son *Gynoxys sp*, *Escallonia resinosa*, *Escallonia myrtilloides*.

Este tipo de cobertura se caracteriza por una vegetación de porte medio, de 3 a 4 m de altura.

- **Pastizal de Calamagrostis y Festuca**

Ubicada entre los 3800 a 4200 m.s.n.m., con pendiente de 15 a 50°. Posee una gran densidad de *Calamagrostis vicunarum* y *Festuca weberbaueri*, así como de *Astragalus*

garbancillo. Es una de las formaciones vegetales naturales más fragmentadas a lo largo de la cuenca debido al pastoreo y deslizamientos, tal como se muestra en la Figura 11.

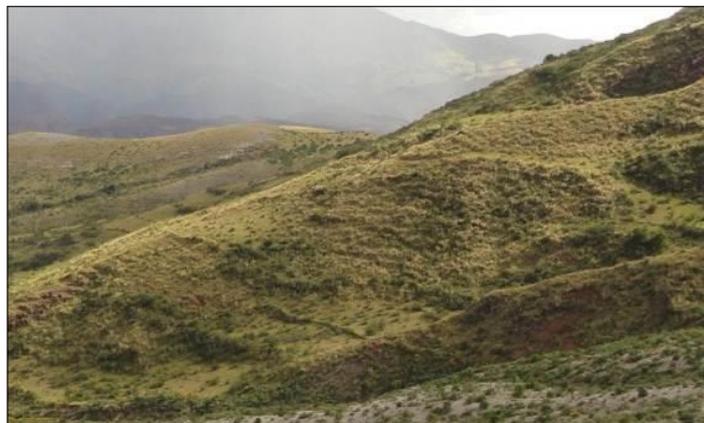


Figura 11: Presencia de pastizales en la parte alta de la cuenca del río Ramuschaca

Asimismo, la estructura y composición de esta cobertura vegetal, se describe en la Tabla 8.

Tabla 8: Composición del pastizal de *Calamagrostis* y *Festuca*

Familia	Nombre científico
<i>Asteraceae</i>	<i>Hypochoeris andina</i>
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus garbancillo</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Alopecurus sp.</i>
	<i>Aristida sp.</i>
	<i>Calamagrostis heterophylla</i>
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>

FUENTE: IMA (2013)

- **Pastizal de *Stipa***

Corresponde a 146,54 ha de la cuenca, ocupando el 9,34 por ciento de la superficie total. Formación dominada por herbáceas de la familia Poaceae.

Las especies dominantes son *Stipa ichu*, asociados a herbáceas postradas, adaptadas a regiones ecológicas de puna altoandinas. En esta zona, se han registrado especies predominantes como: *Calamagrostis sp*, *Festuca sp*, asociadas a *Hypochoeris taraxacoides*. La estructura y composición de esta cobertura vegetal, se muestra en la Figura 12.



Figura 12: Pastizal de *Stipa* en la parte alta de la cuenca del río Ramuschaca

- **Matorral denso**

Los matorrales presentan una diversidad florística conformados por asociaciones vegetales, especies herbáceas, subarborescentes como: *Ageratina sternbergiana*, *Ageratum conyzoides*, *Calceolaria engleriana*, *Astragalus garbancillo*; entre los arbustivos se tiene: *Baccharis tola* var. *Incarum*, *Baccharis caespitosa*, *Senna birostris*, *Barnadesia horrida*, como las más representativas.

El matorral denso se caracteriza por una vegetación de porte bajo, de 1 a 2 m de altura de dosel, dominado por especies de tipo arbustivo y otro herbáceo espinoso, con presencia de pastos y herbáceas. La familia con mayor número de especies es la *Asteraceae*, asimismo, se tiene la presencia de helechos y especies epífitas como musgos y líquenes, tal como se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Matorral denso conformado por especies vegetales

Asimismo, concerniente a la vegetación herbácea, se tiene: *Werneria nubigena*, *Senecio repens*, además de: *Gentianella chrysosphaera*, *Bartsia camporum* asociadas a *Stipa ichu*. En la Tabla 9 se describe la vegetación del matorral denso.

Tabla 9: Composición de la vegetación del matorral denso

Familia	Nombre científico
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea fiebrigiana</i>
	<i>Bomarea ovata</i>
Apiaceae	<i>Conium sp.</i>
Aspleniaceae	<i>Asplenium sp.</i>
	<i>Ageratina sternbergiana</i>
	<i>Ageratum conyzoides L</i>
	<i>Baccharis odorata</i>
	<i>Barnadesia horrida</i>
	<i>Baccharis latifolia</i>
	<i>Gamochoeta purpurea</i>
	<i>Gnaphalium elegans</i>
	<i>Gnaphalium chersedaniz</i>
	<i>Senecio comosus</i>
<i>Sonchus oleraceus</i>	
Berberidaceae	<i>Berberis boliviana</i>
Campanulaceae	<i>Lobelia tenera</i>
Campanulaceae	<i>Siphocampylus tupaeformis</i>
Caryophyllaceae	<i>Drymaria grandiflora</i>
	<i>Drymaria sp.</i>
Fabaceae	<i>Senna birostris</i>
Gentianaceae	<i>Gentianella alborubra</i>
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum var. Albatun</i>
Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>
	<i>Minthostachys setosa</i>
Malvaceae	<i>Acaulimalva engleriana</i>
Orobanchaceae	<i>Bartsia camporum</i>
	<i>Bartsia thiantha</i>
Oxalidaceae	<i>Oxalis sp.</i>
Poaceae	<i>Aristida sp.</i>
	<i>Calamagrostis heterophylla</i>
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
	<i>Festuca sp.</i>
Polypodiaceae	<i>Campyloneurum sp.</i>
Polygalaceae	<i>Monnina salicifolia</i>
Rosaceae	<i>Tetraglochin strictum</i>
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i>
Scrophulariaceae	<i>Agrostis sp. Linnaeus</i>
	<i>Alonsoa acutifolia</i>
	<i>Castilleja fissifolia</i>
	<i>Veronica sp.</i>
Solanaceae	<i>Lycianthes lycioides</i>
	<i>Solanum sandianum</i>
Herbáceas	
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>
	<i>Hypochaeris eremophila</i>

«Continuación»	
Familia	Nombre científico
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus garbancillo</i>
<i>Loasaceae</i>	<i>Cajophora contorta</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Calceolaria engleriana</i>
Helechos	
<i>Lomariopsidaceae</i>	<i>Elaphoglossum schott.</i>
<i>Polypodiaceae</i>	<i>Polypodium buchtiennii</i>
	<i>Campyloneurum sp.</i>
<i>Pteridaceae</i>	<i>Adiantum poiretii</i>

FUENTE: IMA (2013)

- **Vegetación disturbada**

Se encuentra entre los 3600 y 3800 m.s.n.m., con formaciones vegetales constituidas por arbustos; en las cuales se pueden diferenciar matorrales bajos, con escasa cobertura vegetal, debido a procesos naturales y degradación extrema por varios estados de sucesión a causa de incendios forestales, derrumbes y lavado de los suelos por el aluvión, como se describe en la Tabla 10.

Tabla 10: Composición de la vegetación disturbada

Familia	Nombre científico	Nombre común
<i>Asteraceae</i>	<i>Achyrocline ramosissima</i>	Wira wira
	<i>Ageratina sternbergiana</i>	Manca paqui
	<i>Baccharis latifolia.</i>	chilca
	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli
	<i>Bidens andicola Kunth</i>	P'írka
	<i>Gnaphalium elegans</i>	Vira vira
	<i>Hypochaeris eremophila</i>	Pilli pilli
	<i>Senecio comosus</i>	Huamanlipa
<i>Buddlejaceae</i>	<i>Buddleja coriacea</i>	Qolle
<i>Fabaceae</i>	<i>Senna birostris</i>	Mutuy
<i>Loasaceae</i>	<i>Cajophora contorta</i>	Puka quisa
<i>Poaceae</i>	<i>Agrostis sp.</i>	Pasto quila
	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	Crespillo
<i>Polygonaceae</i>	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>	Mullaka
<i>Rosaceae</i>	<i>Tetraglochin strictum</i>	Canlli
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Bartsia camporum</i>	Pantay ñucchu
	<i>Calceolaria engleriana</i>	Zapatitos
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum sandianum</i>	Añas papa
Helecho		
<i>Aspleniaceae</i>	<i>Asplenium sp</i>	Doradillo

FUENTE: IMA (2013)

d. Fauna silvestre

Se tomaron en cuenta los diferentes ambientes existentes en la zona, iniciando en la cuenca alta y descendiendo hasta la parte agrícola. La abundancia de fauna silvestre está en función a las unidades de vegetación, así como del estado de conservación de especies animales, como se describe en la Tabla 11.

Tabla 11: Listado de anfibios y reptiles

Familia	Nombre científico	Nombre común	Libro Rojo
Anfibios			
<i>Bufo</i>	<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo	VU
<i>Hyla</i>	<i>Gastrotheca marsupiata</i>	Cheqlla	CR
Reptiles			
<i>Colubridae</i>	<i>Tachymenis peruviana</i>	Machajhuay	-
<i>Gymnophthalmidae</i>	<i>Proctoporus sp</i>	Lagartija	EN

FUENTE: IMA (2013)

Según la información de los habitantes de la zona existe la presencia de mamíferos que se observan ocasionalmente, tales como: “zorro andino” (*Lycalopex culpaeus*), el “puma” (*Puma concolor*) y el “venado” (*Odocoileus virginianus*), como se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12 Listado de especies de mamíferos en el área de estudio

Familia	Especie	Nombre común	Estado de conservación CITES	Libro Rojo
<i>Cervidae</i>	<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruca	I	VU
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado	III	
<i>Canidae</i>	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	II	NT
<i>Caviidae</i>	<i>Cavia tschudii</i>	Cuy silvestre	-	
<i>Cricetidae</i>	<i>Akodon sp</i>	Ratón de campo	-	EN
<i>Felidae</i>	<i>Puma concolor</i>	Puma	I/II	NT
<i>Mephitidae</i>	<i>Conepatus chinga</i>	Zorrino	-	
<i>Mustelidae</i>	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	-	

FUENTE: IMA (2013)

En la fauna ornitológica se tiene 33 especies contenidas en 16 familias, siendo la más numerosa *Thraupidae* con 8 especies, seguida de *Trochilidae* y *Furnariidae* con cuatro especies. Asimismo, se registraron 4 especies endémicas que son *Aglaeactis castelnaudii*, *Asthenes ottonis*, *Cranioleuca albicapilla* y *Poospiza caesar*. En la Tabla 13 se detallan las especies de aves identificadas en la zona de estudio.

Tabla 13: Listado de aves y su categoría de conservación

Familia	Nombre científico	Estado de conservación CITES	Libro Rojo
<i>Accipitridae</i>	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	II	
<i>Columbidae</i>	<i>Patagioenas maculosa</i>		
	<i>Metriopelia ceciliae</i>		
<i>Emberizidae</i>	<i>Zonotrichia capensis</i>		
<i>Falconidae</i>	<i>Falco sparverius</i>	II	NT
<i>Fringillidae</i>	<i>Sporagra magellanica</i>		VU
<i>Furnariidae</i>	<i>Cinclodes atacamensis</i>		CR
	<i>Cinclodes albiventris</i>		CR
	<i>Asthenes ottonis</i>		NT
	<i>Cranioleuca albicapilla</i>		
<i>Grallariidae</i>	<i>Grallaria andicolus</i>		NT
<i>Hirundinidae</i>	<i>Orochelidon murina</i>		
<i>Laridae</i>	<i>Chroicocephalus serranus</i>		
<i>Picidae</i>	<i>Colaptes rupicola</i>		
	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>		
<i>Tyrannidae</i>	<i>Agriornis montanus</i>		VU
	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>		VU
	<i>Ochthoeca leucophrys</i>		VU
<i>Trochilidae</i>	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	II	VU
	<i>Aglaeactis castelnaudii</i>	II (ENDÉMICO)	VU
	<i>Colibri coruscans</i>	II	
	<i>Lesbia nuna</i>	II	
<i>Troglodytidae</i>	<i>Troglodytes aedon</i>		
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus chiguanco</i>		
<i>Thraupidae</i>	<i>Catamenia analis</i>		
	<i>Saltator aurantiirostris</i>		NT
	<i>Conirostrum cinereum</i>		VU
	<i>Diglossa brunneiventris</i>		
	<i>Phrygilus unicolor</i>		
	<i>Phrygilus punensis</i>		
	<i>Phrygilus plebejus</i>		
	<i>Poospiza caesar</i>		EN
<i>Thraupis bonariensis</i>		VU	

FUENTE: IMA (2013)

3.1.11. Capacidad de uso mayor

El principal cultivo es el maíz, que gracias a la disponibilidad de agua para riego permite realizar rotación de cultivos (Figura 29, del Anexo 5). Normalmente, en un mismo terreno se siembra dos campañas agrícolas consecutivas con maíz (setiembre a mayo) y luego se produce papa en siembra temprana (julio a febrero), que se rota con haba, legumbre o con hortalizas (cebolla o zanahoria) entre febrero a julio; después, nuevamente se produce maíz,

y así sucesivamente. En los terrenos bajo secano, en una campaña se produce tuberosas (papa, olluco, oca) y en la otra, cereales (trigo, cebada) o haba y así sucesivamente (IMA 2013). La capacidad de uso mayor se describe en la Tabla 14.

Tabla 14: Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Ramuschaca

Descripción	Superficie	
	Hectáreas	Porcentaje
Cultivo limpio	540,53	34,49
Cultivo permanente	98,37	6,27
Forestal	482,48	30,78
Pastos	386,35	24,65
Zona de protección	24,47	1,56
Urbano	35,31	2,25
Total	1567,5	100,00

3.1.12. Conflictos de uso

El uso adecuado de tierra en la cuenca es por la producción agrícola que se desarrolla en la parte baja, el sobre uso se establece en la parte media ya que esta zona está siendo utilizada para plantaciones de eucalipto, que vuelve inestable el terreno y altera el ciclo del agua; el sub uso que se tiene es producción agrícola y sobre estas áreas se realiza el trasplante y siembra de eucalipto, esto se debe a que la población se dedica en cierta medida a la venta de leña que tiene una producción a corto y mediano plazo (Figura 30, del Anexo 5). La descripción del conflicto de uso se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15: Conflictos de uso de la cuenca del río Ramuschaca

Descripción	Superficie	
	Hectáreas	Porcentaje
Adecuado	920,86	58,74
Sobre uso	350,09	22,32
Sub uso	297,74	18,94
Total	1567,5	100,00

3.1.13. Aspectos socio-culturales

El distrito de Zurite cuenta con una superficie total de 54,33 km², la cual muestra una densidad poblacional de 75,1 habitantes por km², para 1993 baja a 70,8 habitantes por km², para el 2007 y 2017 la densidad es de 63,5 habitantes por km², cifra que evidencia un decrecimiento, tal como se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16: Densidad poblacional del distrito de Zurite

Distrito	Superficie (Km ²)	1993		2007		2017	
		Población total	Densidad poblacional hab/Km ²	Población total	Densidad poblacional hab/Km ²	Población Total	Densidad poblacional hab/Km ²
Zurite	52,33	4083	75,1	3705	68,1	3451	63,5

FUENTE: INEI (2017)

a. Población

El centro poblado de Zurite, según el censo 2017 realizado por el INEI tiene una población de 3451 habitantes, en la cuenca de Ramuschaca solo se ubica una comunidad (San Nicolás de Bari) con una población de 1785 habitantes, teniendo el 49 por ciento de la población de género masculino y el otro 51 por ciento de género femenino, que se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17: Población del distrito de Zurite

Ubicación	Total
Distrito de Zurite	3451
Comunidad de San Nicolás de Bari	1785

FUENTE: INEI (2017)

b. Religión

La población profesa, en su mayoría, la religión católica, manteniendo las creencias y prácticas rituales como son los pagos a la tierra, mientras que un grupo minoritario son evangélicos, quienes por su credo religioso y creencias han prohibido las prácticas rituales relacionada a la tierra y agua. El estudio de la religión es importante por la creencia y su actitud frente a diferentes eventos (IMA 2013).

c. Idiomas

En el distrito de Zurite se habla quechua y español. Es decir, las mujeres de mayor edad son las que hablan quechua exclusivamente, mientras que en los varones es mixto quechua y español. En tanto que los jóvenes tienen un mayor dominio del español, pero conservan la lengua quechua (IMA 2013).

d. Organización

La principal autoridad es el alcalde de la municipalidad distrital de Zurite, pero las decisiones se discuten y se toman en asamblea general y extraordinaria de la comunidad. Dentro de la

comunidad la jerarquía de las autoridades está encabezada por el presidente de la comunidad, lo siguen los comités especiales como: comité de riego, comité de productores; asimismo el teniente gobernador y, finalmente, el vaso de leche, JASS, APAFAS (IMA 2013).

e. Actividad económica

Según el INEI (2017) las principales actividades económicas realizadas por la comunidad son: agricultura, ganadería; también, la crianza de animales menores. Por otro lado, la municipalidad cuenta con un vivero instalado el 2011, la cual produce especies frutícolas; asimismo, se tiene el aprovechamiento de recursos forestales y la prestación de servicios.

La población cuenta con la extracción de material de la cantera que es manejada, exclusivamente, por la comunidad del distrito de Zurite (IMA 2013).

f. Salud

Solo existe un puesto de salud de tipología rural, correspondiente al nivel I-1 según la clasificación, este centro de salud presta servicios a los pobladores de las áreas urbanas y rurales, actualmente se encuentra en mal estado, escaso apoyo logístico, escasa dotación de personal y por la lejanía de las poblaciones rurales, los programas de salud han estado orientados a combatir el problema alimentario y a disminuir la incidencia de las enfermedades más frecuentes (DIRESA 2017).

g. Índices demográficos

Según los datos estadísticos de DIRESA (2017), los indicadores reflejan el estado de salud de la población asentadas en el ámbito de la cuenca.

- **Tasa de mortalidad:** en el distrito de Zurite es de 4 x 1000 habitantes y la tasa de mortalidad infantil es de 58,8 x 1000 nacidos, esto se da como resultado de diferentes causas, entre estas se tiene: baja cobertura de salud, alto grado de desnutrición e incidencia de enfermedades respiratorias y otros factores.
- **Tasa de natalidad:** representada por el número de nacimientos por año en el distrito de Zurite. Los nacimientos en el 2017 fueron de 34, lo que representa una tasa de natalidad de 8,6 x 1000 habitantes, que se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18: Tasa de natalidad y mortalidad de Zurite

Ubicación	Mortalidad general	Mortalidad infantil	Mortalidad general x 1000	Mortalidad infantil x 1000	Nacimiento	Natalidad x 1000
Zurite	16	2	4	58,8	34	8,6

FUENTE: DIRESA (2017)

h. Pobreza

Según precisa el INEI (2017), el nivel de pobreza en el distrito de Zurite está medido por las situaciones de atraso social y económico que se ve reflejado en el crecimiento y modernización económica, el retraso y pobreza extrema se ven en las amplias zonas rurales; Zurite tiene una pobreza total del 49,6 por ciento.

La pobreza es muy difícil de superar por la conjunción de los diferentes factores como la baja productividad de la agricultura, que muchos de los pobladores de estas zonas solo producen para el autoconsumo, existiendo una desnutrición infantil por el mismo hecho de que la alimentación de los niños no es balanceada, ya que las familias que se ubican en estas zonas no cuentan con suficientes ingresos para poder adquirir alimentos y dar sostenibilidad a su familia; menor acceso y baja calidad de la educación rural, falta de acceso a infraestructura, servicios básicos, barreras culturales y no se desarrollan programas de asistencia social.

i. Educación

La educación es el eje fundamental para alcanzar la realización personal y social y es el medio para fomentar el crecimiento socioeconómico y cultural que el país requiere para enfrentar con éxito el reto de lograr el desarrollo humano frente a los desafíos de la globalización (IMA 2013). La Tabla 19 describe el nivel educativo del distrito de Zurite.

Tabla 19: Nivel educativo alcanzado en el distrito de Zurite

Educación	Sin nivel de educación	Inicial	Primaria	Secundaria	Básica especial	Superior Uni. incompl.	Superior Uni. completa
Zurite	347	140	871	1354	1	134	117

FUENTE: INEI (2017)

- **Instituciones educativas del ámbito**

En el distrito de Zurite el servicio educativo para los diferentes niveles educacionales es atendido casi en un 100 por ciento por el Ministerio de Educación, existen ocho instituciones educativas; tres I.E. Inicial, cuatro I.E. Primaria y una I.E. Secundaria (IMA 2013).

j. Costumbres

Algunas tareas agrícolas son realizadas con apoyo de mano de obra “extra” que es el “ayni” como en el sembrío, el aporque y cosecha de papa; en caso del cultivo de maíz y los cereales, los trabajos son, exclusivamente, con mano de obra familiar. Otra de las costumbres es la fiesta del inicio de la temporada de siembra el “Pata Pata Tarpuy Raymi” que consiste en las tradicionales ceremonias de pago a la pachamama, culto al agua y a la chalana (cruz andina) que busca promocionar la riqueza arqueológica e histórica del distrito como una nueva alternativa turística.

Las andenerías de Zurite constituían el mayor centro agrícola del Tahuantinsuyo que contaba con un sistema propio de regadío, asegurando abundancia de las cosechas para el sustento de la población Inca (IMA 2013).

3.2. METODOLOGÍA

Para determinar la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca se establecieron nueve puntos de evaluación, tres para la cuenca alta, media y baja, respectivamente, las cuales se describen en la tabla 20:

Tabla 20: Coordenadas geográficas y altitud de los puntos de evaluación

/Cuenca		Norte	Este	Altitud m.s.n.m.
Alta	Punto 1	795763	8514730	4350
	Punto 2	795606	8513852	4178
	Punto 3	795919	8513036	3907
Media	Punto 4	796055	8512139	3665
	Punto 5	796551	8511397	3500
	Punto 6	797222	8509971	3400
Baja	Punto 7	797914	8510690	3356
	Punto 8	798797	8509693	3335
	Punto 9	799701	8509256	3330

3.2.1. Evaluación de la calidad ecológica de la ribera del río Ramuschaca: índice ECOSTRIAND

El valor ECOSTRIAND modificado por Acosta *et al.* (2009) para ecosistemas altoandinos se calcula combinando los valores de otros dos índices de calidad que son:

- a. Un índice biótico basado en macroinvertebrados propuesto por Encalada *et al.* (2011) y Acosta *et al.* (2009), que son metodologías aplicadas en ecosistemas altoandinos en Sudamérica.
- b. El índice de calidad de vegetación de ribera Andino (QBR-And).

El valor ECOSTRIAND (modificado) es simple de calcular, consiste en una matriz de doble entrada, que se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21: Estado ecológico de calidad integrada para un ecosistema fluvial

Índice Biótico Andino (ABI)		Calidad de la Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)		
		> 75	45-75	< 45
Encalada	Acosta			
> 96	> 74	Muy bueno	Bueno	Regular
59 - 96	45 - 74	Bueno	Regular	Malo
36 - 58	27 - 44	Regular	Malo	Pésimo
< 34	< 26	Malo	Pésimo	Pésimo

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

El ECOSTRIAND evalúa cuantitativamente (en rangos) la calidad del ecosistema fluvial en cinco categorías: “Muy Bueno”, “Bueno”, “Regular”, “Malo” y “Pésimo”, el cual se calcula a partir de dos índices: (i) Índice Biótico Andino (ABI); (ii) índice de la Calidad de la Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) (Figura 31, del Anexo 5).

3.2.2. Evaluación de la calidad de la vegetación de la ribera mediante el Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)

Acosta *et al.* (2009) modificaron el Índice QBR propuesto por Munné *et al.* (1998; 2003), incluyendo cuatro bloques de distintos componentes y atributos de las riberas: cubierta vegetal, estructura de la vegetación (no se considera en la ficha de comunidades de pajonal y punas), naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial.

Se calificó cada una de las categorías propuestas en las fichas de evaluación, tal como se describe en la Tabla 22.

Tabla 22. Niveles de calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)

Valor de la calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)	Nivel de calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)	Color
95 – 100 (Muy bueno)	Sin alteraciones, estado natural. Calidad muy buena	Azul
75 – 90 (Bueno)	Bosque ligeramente perturbado. Calidad buena	Verde
55 – 70 (Moderado)	Inicio de alteración importante. Calidad moderada	Amarillo
30 – 50 (Deficiente)	Alteración fuerte. Calidad deficiente	Naranja
0 – 25 (Malo)	Degradación extrema. Calidad mala	Rojo

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

3.2.3. Identificación de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica del agua del río Ramuschaca

El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se estableció según el ciclo de precipitación de la región, realizando la evaluación en temporada de transición de lluvias a estiaje (febrero a marzo). Asimismo, se procedió a la medición in situ de parámetros físicos obteniendo una medida semicuantitativa de las densidades de macroinvertebrados; se muestreo según el método denominado “*Kick Sampling*” (Abel 1989), en un área de 1 m² y con una red Surber de mano de 250 µm de apertura de malla.

Este método permitió recolectar macroinvertebrados en los diferentes hábitats (multihabitat) que componen los sitios muestreados (entre rápidos, radier y pozas); asimismo, minimizar posible sesgo en la evaluación de hábitat en una gradiente longitudinal de las muestras.

a. Determinación de la composición de bioindicadores

Se emplearon claves y descripciones de macroinvertebrados sudamericanos: Roldán (1999), Fernández y Domínguez (2001), Lopreto y Tell (1995) y Encalada *et al.* (2011).

Cuantificación de la densidad y abundancia de bioindicadores

El material colectado fue depositado en frascos de 500 ml, previamente rotulados y conservados en alcohol al 96 por ciento (por la disolución del alcohol en el agua de colecta).

Los macroinvertebrados fueron cuantificados e identificados por grupos taxonómicos en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

b. Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI)

El primer índice se determinó, consignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación.

En esta escala se asigna el valor 1 a las familias más tolerantes y 10 a las familias más sensibles; en el cual la suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje del Índice Biótico Andino (ABI) total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio (Acosta *et al.* 2009). En la Tabla 23 se describe la primera metodología para determinar el Índice Biótico Andino.

Tabla 23: Índice biótico Andino según el protocolo Encalada

Calidad	Índice Biótico Andino (ABI)	Color de alarma
Muy bueno	> 96	Celeste
Bueno	59 - 96	Amarillo
Regular	36 - 58	Naranja
Malo	< 35	Rojo

FUENTE: Encalada *et al.* (2011)

En la segunda metodología desarrollada, también, se le asigna el valor 1 a las familias más tolerantes y 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, que es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio (Acosta *et al.* 2009).

Los valores difieren de la primera metodología en el nivel de calificación para Perú, el cual es de mayor rango de variables entre los niveles establecidos, tal como se describe en la Tabla 24.

Tabla 24: Índice Biótico Andino según el protocolo Acosta

Calidad	Índice Biótico Andino (ABI)	Color de alarma
Muy bueno	> 74	Celeste
Bueno	45 - 74	Verde
Regular	27 - 44	Amarillo
Malo	< 26	Naranja

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

En la Tabla 25, se describe la puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) para familias de ríos altoandinos a partir de información taxonómica a nivel de Familia y que es específico para las zonas andinas.

Tabla 25: Puntuación Índice Biótico Andino para familias de ríos altoandinos

Orden	Familia	Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI)
<i>Turbellaria</i>	<i>Planariidae</i>	5
<i>Hirudinea</i>		3
<i>Oligochaeta</i>		1
<i>Gasteropoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6
	<i>Physidae</i>	3
	<i>Hydrobiidae</i>	3
	<i>Lymnaeidae</i>	3
	<i>Planorbidae</i>	3
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6
<i>Ostracoda</i>		3
<i>Hydracarina</i>		4
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
	<i>Leptophlebiidae</i>	10
	<i>Leptohyphidae</i>	7
	<i>Oligoneuriidae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
	<i>Gomphidae</i>	8
	<i>Libellulidae</i>	6
	<i>Coenagrionidae</i>	6
	<i>Calopterygidae</i>	8
	<i>Polythoridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
	<i>Gripopterygidae</i>	10
<i>Heteroptera</i>	<i>Veliidae</i>	5
	<i>Gerridae</i>	5
	<i>Corixidae</i>	5
	<i>Notonectidae</i>	5
	<i>Belostomatidae</i>	4
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	10
	<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Polycentropodidae</i>	8
	<i>Hydroptilidae</i>	6
	<i>Xiphocentronidae</i>	8
	<i>Hydrobiosidae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	7
	<i>Hydropsychidae</i>	5
	<i>Anomalopsychidae</i>	10
	<i>Philopotamidae</i>	8
	<i>Limnephilidae</i>	7
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyralidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
	<i>Lampyridae</i>	5

«Continuación»		
Orden	Familia	Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI)
	<i>Psephenidae</i>	5
	<i>Scirtidae</i>	5
	<i>Staphylinidae</i>	3
	<i>Elmidae</i>	5
	<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Hydraenidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Blephariceridae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Limoniidae</i>	4
	<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Dixidae</i>	4
	<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Empididae</i>	4
	<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Culicidae</i>	2
	<i>Muscidae</i>	2
	<i>Ephydriidae</i>	2
	<i>Athericidae</i>	10
	<i>Syrphidae</i>	1

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

3.2.4. Evaluación del índice de hábitat fluvial (IHF) del río Ramuschaca

Se evaluó la presencia y dominancia de distintos elementos de heterogeneidad, que contribuyen a incrementar la diversidad de hábitat físico y de fuentes alimenticias, entre ellos materiales de origen alóctono (hojas, madera) y de origen autóctono, como la presencia de diversos grupos morfológicos de productores primarios (Pardo *et al.* 2002). La puntuación final del índice es el resultado de la suma de la puntuación obtenida en cada uno de los bloques que va de 0 a 100.

La metodología consta de siete bloques o apartados en los que se valora de manera independiente la presencia de distintos componentes en el cauce fluvial, entre estos, se encuentran aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitat y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato existente, la frecuencia de rápidos,

la existencia de distintos regímenes de velocidad y profundidad, el grado de inclusión y sedimentación en pozas, la diversidad y representación de sustratos (Smith y Smith 2000).

En la Tabla 26, se describen los niveles de calidad del índice de hábitat fluvial.

Tabla 26: Niveles de calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Valor del Índice de Hábitat Fluvial (IHF)	Nivel de calidad	Color
71 – 100	Muy buena	Azul
51 – 70	Buena	Verde
< 50	No llega a buena	Rojo

FUENTE: Pardo *et al.* (2002)

3.2.5. Determinación de la calidad de agua del río Ramuschaca mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

- Se estableció la clasificación de cuerpos de agua continental (Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA), determinando el nivel de categoría del ECA-AGUA (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), que fue la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Se midieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Ramuschaca. Para realizar este muestreo se seleccionaron zonas en el río donde el agua estaba bien mezclada y donde no existía un efecto muy localizado.
- Los recipientes fueron lavados con el agua del río tres veces y llenados completamente y llevados al laboratorio el mismo día de la toma de muestras para garantizar que los resultados obtenidos no sean alterados por factores externos.
- Las muestras tomadas en los nueve puntos de evaluación fueron analizadas en el laboratorio LOUIS PASTEUR, con acreditación vigente de INACAL a la fecha de evaluación.
- Fueron recopilados datos geográficos de la zona utilizando un GPS, para desarrollar mapas temáticos.

Se evaluaron los parámetros físico-químicos: (i) temperatura, (ii) pH, (iii) conductividad, (iv) OD, (v) sólidos totales disueltos y como parámetro microbiológico: (i) coliformes termotolerantes.

a. Análisis de la calidad de agua

Para determinar los parámetros evaluados, se siguió la directriz sobre calidad del agua (OMS 2005) y el Índice de Calidad de Agua (ICA), aplicado a cuerpos de agua continentales superficiales (Resolución Jefatural 068-2018-ANA), tal como se describe en la Tabla 27.

Tabla 27: Interpretación del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Valor ICA	Calificación ICA	Interpretación del Índice de Calidad de Agua – Perú (ICA)
90-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados
75-89	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45-74	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
30-44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0-29	Pésimo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

FUENTE: ANA (2018)

Para evaluar los parámetros físico-químicos en el agua (temperatura, conductividad, sólidos disueltos, OD, pH) y parámetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) se tomaron tres muestras de agua (500, 250 y 1000 ml/muestra) en cada uno de los puntos de evaluación determinados.

3.2.6. Evaluación de la integridad ecológica ribereña de la cuenca del río Ramuschaca frente a actividades antrópicas que se realizan en el cauce del río

Para poder evaluar la integridad ecológica, se utilizaron metodologías de análisis multivariable, el cual permitió unir la información de los parámetros que evalúan la calidad de la ribera (calidad de bosque de ribera y calidad biológica de agua), el hábitat fluvial y la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, para así, obtener rangos del nivel de integridad, para ello se utilizó la metodología del análisis de componentes principales y la definición en base a la función de ponderación de la integridad ecológica, utilizando los valores de variación de cada componente.

Por otro lado, para poder establecer correlaciones entre las variables de análisis con las variables ambientales, se utilizó el método de análisis de correspondencia desintegrado.

a. Análisis Cluster

Para el análisis de la integridad ecológica (clasificación no supervisada) se usó el software Past, logrando la máxima homogeneidad en cada grupo; y, para la diferenciación entre los grupos, se utilizó los métodos de agrupamiento por pares similaridad de Morisita, que considera semejanza y abundancia, con valores de 0 a 1, donde 0 significa que no hay similitud y 1 donde son similares por completo (Johnson y Ruby 2012; Krebs 2013).

Para el análisis cluster se tomaron en consideración cuatro variables (QBR-And, ABI, IHF, ICA) propuestos para el presente estudio.

b. Análisis de Componentes Principales - PCA (por sus siglas en inglés)

La metodología (clasificación supervisada), genera un número de componentes igual a la cantidad de variables pero que, a su vez, contendrán en cierta medida a todas las variables, aunque destacan algunas que serán los valores que guiarán la variabilidad de cada componente; este resultado, viene con un *Eigenvalue* (valor propio) que indica que varianza tienen las variables que generan el componente y que porcentaje de variabilidad explica. Para la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca se combinaron las variables biológicas y variables ambientales.

Posteriormente, el Análisis de Componentes Principales (PCA) generará la correlación entre ellas y sirve para saber cómo se relacionan las variables elegidas y, además, saber si existe correlaciones extremadamente altas entre dos o más variables ya que si existe el caso en que se tenga dos o más variables con alta correlación entre ellas, éstas tendrán enorme influencia en la orientación de los componentes (Urdínez 2019).

Para la evaluación de los componentes principales se utilizó el software PAST, PC ORD 6.0 y el INFOSTAT que analiza los cuadros estadísticos y su interpretación correspondiente. El componente que entregue un *Eigenvalue* (denotado por desviación estándar) mayor a 1, será el criterio para seleccionar los componentes importantes; además, genera la construcción de cada componente con las variables que se seleccionen y la varianza que explica cada componente.

El siguiente paso en la metodología, consistió en calcular los valores del PCA-ie, integrando las cuatro variables (QBR-And, ABI, IHF, ICA) y ponderando cada uno por el porcentaje de la varianza que se representa en base a la siguiente fórmula.

$$\text{PCA-ie} = (\text{eigen.1} * \% \text{varianza 1} + \text{eigen.2} * \% \text{varianza 2} + \text{eigen.3} * \% \text{varianza 3} + \text{eigen.4} * \% \text{varianza 4}) / 4$$

De esta forma, se crea una única variable, llamada PCA-ie (Análisis de Componentes Principales de Integridad Ecológica).

Asimismo, los resultados fueron establecidos con valores que van de 0 a 100. Una vez calculado el valor del PCA-ie se procedió a tomar como referencia la escala de valores del Índice Biótico Andino (ABI) y de esta manera se obtuvo la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca.

c. Análisis de Correspondencia Desintegrado - DCA (por sus siglas en inglés)

Metodología lineal de interpretación de la secuencia de la respuesta de las especies a los gradientes ambientales (correlación de las variables biológicas con variables ambientales), en la cual se relacionaron los valores del Índice Biótico Andino (ABI), por familias de macroinvertebrados, con los valores de la Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And), Índice de Hábitat Fluvial (IHF) e Índice de Calidad de Agua (ICA), esperando encontrar una mayor relación de familias con mayor calificación ABI con valores de mayor QBR-And, IHF e ICA, como se muestra a continuación:

- Relación: Índice Biótico Andino (ABI) y Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)
- Relación: Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF)
- Relación: Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de Calidad de Agua (ICA)

Finalmente, se elaboró un diagrama de flujo, en el cual se representa mediante una red de procesos, la secuencia y orden de las metodologías utilizadas para determinar la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca, la cual se detalla en la Figura 14.

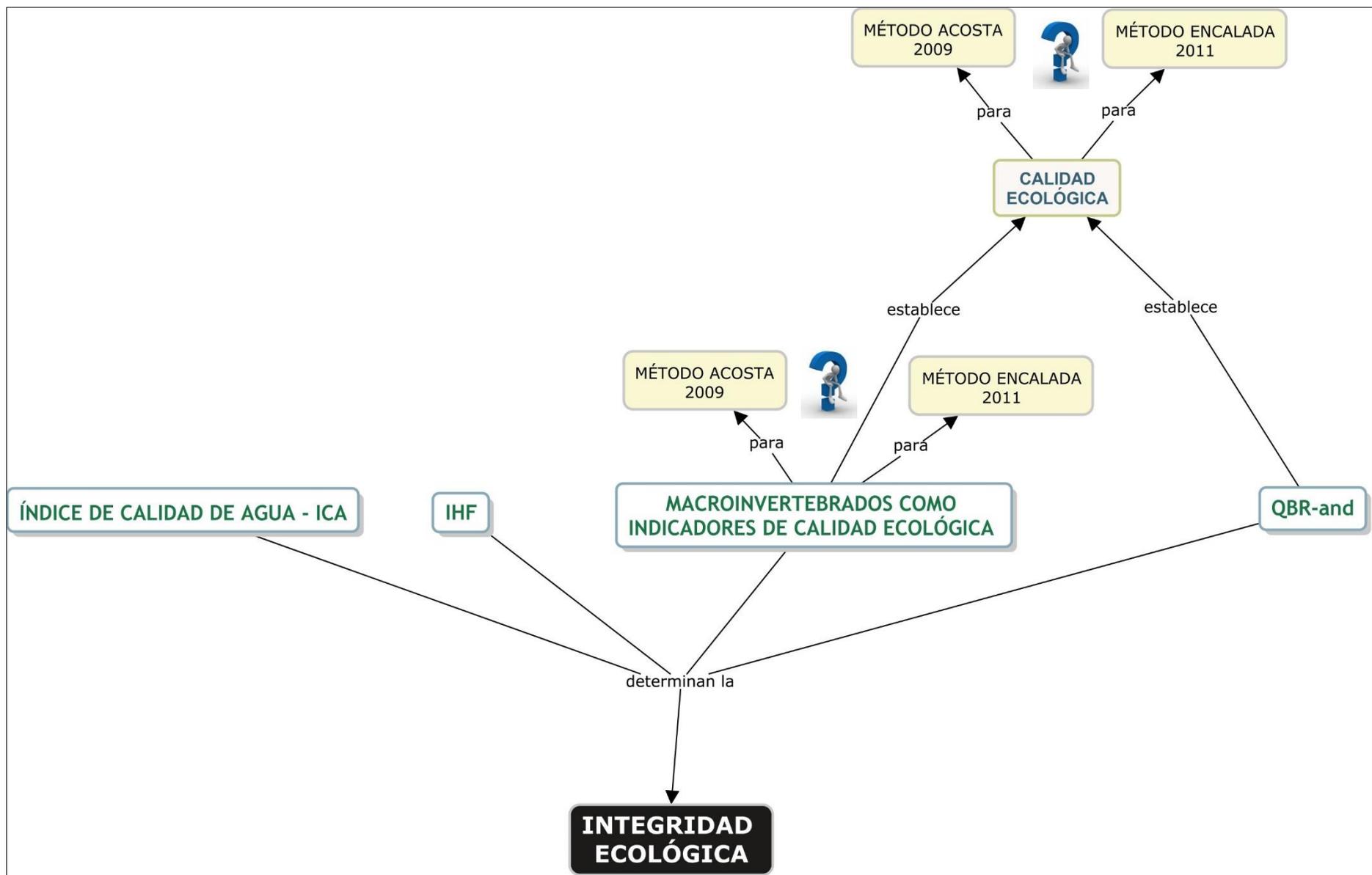


Figura 14: Diagrama de flujo de la metodología para determinar la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

3.3.1. Equipos

- Red SURBER de 30 cm x 30 cm con apertura de malla de 250 micras
- GPS
- Cámara fotográfica hasta 40X
- Estereoscopio monocular con cámara digital incluida
- Bandejas de plástico de color blanco
- Guías y claves de identificación para bentos y necton
- Computadora

3.3.2. Materiales

a. Materiales de campo

- Frascos herméticos de 500 ml.
- Fichas de campo de bentos
- Alcohol al 96°
- Cernidor con diámetro de 50 cm
- Bandejas blancas de 40 cm x 30 cm
- Cinta métrica lastrada (medir profundidad)
- Caja de guantes quirúrgicos (manipulación de reactivos)
- Frascos para toma de muestras de agua

b. Materiales de laboratorio y gabinete

- Material biológico colectado de bentos
- Viales de plástico con tapones herméticos
- Etiquetas de papel resistente al agua
- Bibliografía actualizada
- Lista de taxos físico o virtual de bentos
- Fichas de índices QBR-And e IHF
- Pinzas entomológicas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CALIDAD ECOLÓGICA DE LA RIBERA DEL RÍO RAMUSCHACA

4.1.1. Calidad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca mediante el método de Encalada

De acuerdo con el índice ECOSTRIAND y el primer método propuesto por Encalada *et al.* (2011), se determinó un índice de calidad ecológica “Bueno” en los puntos 2 y 3 (cuenca alta); “Regular”, en los puntos 1 (cuenca alta) y 4 (cuenca media); “Malo”, en el punto 5 (cuenca media) y “Pésimo” en los puntos 6 (cuenca media), 7, 8 y 9 (cuenca baja) (Figura 37, del Anexo 5). Los valores obtenidos para la calidad ecológica por este primer método se describen en la Tabla 28.

Tabla 28: Calidad ecológica ECOSTRIAND del método Encalada

Parámetro Cuenca		Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)	Valor	Índice Biótico Andino (ABI) Encalada	Valor	Calidad Ecológica
Alta	Punto 1	Bueno	90	Regular	58	Regular
	Punto 2	Bueno	85	Bueno	61	Bueno
	Punto 3	Bueno	80	Bueno	68	Bueno
Media	Punto 4	Moderado	55	Bueno	92	Regular
	Punto 5	Deficiente	40	Bueno	86	Malo
	Punto 6	Malo	10	Regular	51	Pésimo
Baja	Punto 7	Malo	5	Bueno	59	Pésimo
	Punto 8	Malo	5	Regular	50	Pésimo
	Punto 9	Malo	0	Malo	35	Pésimo

4.1.2. Calidad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca mediante el método de Acosta

De acuerdo con el índice ECOSTRIAND y el segundo método establecido por Acosta *et al.* (2009), se determinó un índice de calidad ecológica “Bueno” en los puntos 1, 2 y 3 (cuenca alta) y 4 (cuenca media); “Regular”, en el punto 5 (cuenca media); “Malo”, en el punto 6 (cuenca media) y 7, 8 (cuenca baja); y, “Pésimo”, en el punto 9 (cuenca baja) (Figura 38, del Anexo 5). Los valores obtenidos por el segundo método se describen en la Tabla 29.

Tabla 29: Calidad ecológica ECOSTRIAND del método Acosta

Parámetro		Calidad de Vegetación de Ribera andino (QBR-And)	Valor	Índice Biótico Andino (ABI) Acosta	Valor	Calidad ecológica
Cuenca						
Alta	Punto 1	Bueno	90	Bueno	58	Bueno
	Punto 2	Bueno	85	Bueno	61	Bueno
	Punto 3	Bueno	80	Bueno	68	Bueno
Media	Punto 4	Moderado	55	Muy Bueno	92	Bueno
	Punto 5	Deficiente	40	Muy Bueno	86	Regular
	Punto 6	Malo	10	Bueno	51	Malo
Baja	Punto 7	Malo	5	Bueno	59	Malo
	Punto 8	Malo	5	Bueno	50	Malo
	Punto 9	Malo	0	Regular	35	Pésimo

La calidad ecológica de la cuenca alta del río Ramuschaca no presenta indicadores de alteración ecosistémica fuerte, la intervención y alteración antrópica es casi nula debido a que el pastoreo, es de las pocas actividades que se desarrollan en esta zona; asimismo, no se tiene infraestructura hidráulica instalada, evidenciando la baja identificación de macroinvertebrados como indicadores de mala calidad.

En la cuenca media, la calidad ecológica evidencia una alteración descendente en los puntos 4, 5 y 6, debido a que las actividades antrópicas que se vienen desarrollando como: implementación de infraestructura (canalización del río y obras de protección ribereña) y labores agropecuarias, alteran la calidad de la cobertura de ribera del río y, en el caso de macroinvertebrados, esta zona es la que tiene mayor diversidad y abundancia, toda vez que, la pendiente (40-50°), es óptima para el desarrollo de estas especies de macroinvertebrados, por la oxigenación del agua, que mejora la calidad física.

En la cuenca baja las actividades antrópicas son constantes, ya que la principal labor que se desarrolla es la agropecuaria, lo cual genera alteración de la cobertura vegetal en las riberas, así como el ingreso de materia orgánica, aguas servidas y de nutrientes al río, se refleja en las familias de macroinvertebrados de calidad de aguas contaminadas identificadas.

De los resultados de ambos métodos, se describe lo siguiente:

- **Método Acosta:** describe la calidad ecológica en la zona altoandina peruana, determinando que las comunidades de referencia son menos diversas de forma natural que la ecuatoriana debido a la cordillera de los Andes; asimismo, evidencia que, conforme se desciende en altura, la calidad ecológica disminuye, debido al impacto antrópico que se genera en la cuenca estudiada. De igual manera, propone un protocolo en el cual los puntos de evaluación deben tener ciertas características fisiográficas; además, evalúa criterios de IHF, análisis físico químico y calidad ecológica.
- **Método Encalada:** valora la calidad biológica del río y las características del entorno para el ecosistema ecuatoriano mediante una combinación sencilla de colores que permite observar rápidamente cuál es el estado de salud del río.

Entre ambos métodos, se concluye que el propuesto por Acosta es el que mejor se adapta y caracteriza los componentes de la cuenca del río Ramuschaca.

Por otro lado, el presente trabajo evidencia el efecto de las actividades antrópicas, incidiendo en la calificación de la calidad ecológica, independiente del tipo de ribera, hábitat fluvial, etc., pudiendo llegar a extremos de perturbación. Asimismo, se pudo identificar que los puntos de evaluación que se ubican en la cuenca alta, presentan una mayor heterogeneidad del hábitat fluvial y una vegetación de ribera más desarrollada y compleja, originando mayor riqueza de macroinvertebrados, muchos de ellos sensibles, lo cual incrementa la calificación del ABI, dichos resultados se asemejan a lo descrito por Acosta *et al.* (2009).

A mayor cobertura vegetal se tiene una mejor calidad ecológica que se ve disminuida por el impacto antropogénico de los centros poblados mostrando una disminución del índice ECOSTRIAND, coincidiendo con lo evaluado por Ordoñez (2011).

Los resultados del índice ECOSTRIAND muestran una disminución de la calidad, evidenciando que las mejores condiciones de hábitat fluvial, de vegetación ribereña y de

calidad ecológica se encuentran en la cuenca alta; además, se refleja la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial, en la conductividad eléctrica, sólidos disueltos, influyendo negativamente; y, a la vez, sobre los macroinvertebrados, desde la cuenca alta hacia la baja, como pudo evidenciar Salcedo *et al.* (2013) en su trabajo de investigación.

En la cuenca del río Ramuschaca, existe una “domesticación” por acciones antrópicas, donde se desarrollan actividades agropecuarias, a diferencia del trabajo realizado por Gamarra *et al.* (2016), que efectuaron una evaluación de la calidad ecológica en un área natural protegida, razón por la cual, tiene una valoración de “Bueno” a “Excelente”.

La zona de estudio presenta una calificación de “Bueno”, “Regular”, “Malo” y “Pésimo”, debido a la influencia antrópica (actividades agropecuarias, infraestructuras hidráulicas, entre otros), disminuyendo la cobertura vegetal ribereña en el río; dichos resultados son semejantes a lo descrito por Galeano-Rendón *et al.* (2017), que describieron una calidad ecológica “Muy bueno”, “Bueno” y “Regular” conforme va disminuyendo la altitud.

El uso de índices físicos y biológicos en el río Ramuschaca es necesario para determinar la calidad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos, debido a las diferentes respuestas de los grupos taxonómicos a la degradación por actividades antrópicas. Asimismo, es posible determinar la heterogeneidad y temporalidad de los hábitats fluviales, estableciendo mecanismos de protección en hábitat ribereños, así como identificar zonas sin intervención humana, las cuales se encuentran en buen estado ecológico. El presente trabajo refuerza lo planteado por Galeano-Rendón *et al.* (2017) sobre la importancia de analizar diferentes parámetros a nivel físico y biológico para determinar la calidad ecológica.

La calidad ecológica en el río Ramuschaca se ve influenciada por la cercanía de actividades antrópicas, originando perturbación a la vegetación ribereña, hábitat fluvial y macrobentos, lo cual genera veracidad al presente estudio. Resultado similar obtuvieron Alomía *et al.* (2017), que evidencian la disminución de la calidad ecológica por actividades antrópicas.

4.2. CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINO

4.2.1. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 1

En el punto de muestreo 1, se identificaron 3 niveles de puntuación para riberas de páramos y punas, los cuales tuvieron una calificación de 100 “Muy Bueno” (Tabla 65, del Anexo 1),

debido a que la zona está poco impactada por acciones antrópicas. Asimismo, se hizo una ponderación de 1,333 por cada nivel para llegar al 100 por ciento de la calificación, ya que se usaron 3 de los 4 niveles del índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And), debido a que el apartado “grado de cubierta de la zona de ribera” no se considera para pajonales andinos. La calificación se describe en la Tabla 30.

Tabla 30: Calidad de vegetación de ribera - punto 1 cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	<p>>80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (gramíneas y/o matorral y/o “almohadillas”) (25)</p> <p>Si la conectividad entre el bosque de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total (+10)</p>	
Calidad de la cubierta	<p>Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas) (25)</p>	
Grado de naturalidad del canal fluvial	<p>El canal del río no ha estado modificado (25)</p>	
Ponderación de 1,333 por cada nivel de calificación		
TOTAL: 100 - bosque ligeramente perturbado, calidad buena (Calificación: Muy bueno)		

4.2.2. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 2

En el punto de muestreo 2 se identificaron 3 niveles de puntuación para riberas de páramos y punas, los cuales tuvieron una calificación de 100 “Muy bueno”, debido a que la zona está poco impactada por acciones antrópicas (Tabla 66, del Anexo 1). Asimismo, se hizo una ponderación de 1,333 por cada nivel para llegar al 100 por ciento de la calificación, ya que

se usaron 3 de los 4 niveles del índice de calidad de vegetación de ribera andino (QBR-And), debido a que el apartado “grado de cubierta de la zona de ribera” no se considera para pajonales andinos. La calificación se describe en la Tabla 31.

Tabla 31: Calidad de vegetación de ribera - punto 2 cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	>80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (gramíneas y/o matorral y/o “almohadillas”) (25) Si la conectividad entre el bosque de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total (+10)	
Calidad de la cubierta	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas) (25)	
Grado de naturalidad del canal fluvial	El canal del río no ha estado modificado (25)	
Ponderación de 1,333 por cada nivel de calificación		
TOTAL: 100 - bosque ligeramente perturbado, calidad buena (Calificación: Muy bueno)		

4.2.3. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 3

En el punto de muestreo 3, se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, los cuales tuvieron una calificación de 90 “Bueno” (Tabla 67, del Anexo 1). Asimismo, la afectación se evidencia por el grado y la estructura de cubierta, que no tiene una continuidad del 100 por ciento debido a que es una zona con

pendiente pronunciada, pero con abundante vegetación. La calificación se describe en la Tabla 32.

Tabla 32: Calidad de vegetación de ribera - punto 3 cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	<p>50-80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (10)</p> <p>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total (+10)</p>	
Estructura de la cubierta	<p>Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 por ciento o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 por ciento y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 por ciento (10)</p> <p>Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos superior al 50 por ciento (+10)</p>	
Calidad de la cubierta	<p>Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos (25)</p> <p>>75 por ciento de los arbustos son de especies autóctonas. (+10)</p>	
Grado de naturalidad del canal fluvial	<p>El canal del río no ha estado modificado (25)</p>	
<p>TOTAL: 90 - bosque ligeramente perturbado, calidad buena (Calificación: Bueno)</p>		

4.2.4. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 4

En el punto de muestreo 4, se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, los cuales tuvieron una calificación de 55 “Moderado” (Tabla 68, del Anexo 1). Asimismo, la baja puntuación, se evidencia por la estructura de cubierta, calidad de cubierta y el grado de naturalidad del canal fluvial, infraestructura hidráulica sólida que modificó la cubierta vegetal. La calificación se describe en la Tabla 33.

Tabla 33: Calidad de vegetación de ribera - punto 4 cuenca media del río Ramuschaca

criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	>80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (25)	
	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50 por ciento (+5)	
Estructura de la cubierta	Recubrimiento de árboles entre 50 y 75 por ciento ó recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 por ciento y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 por ciento (10)	
	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 por ciento (+5)	
Calidad de la cubierta	Como máximo un 25 por ciento de la cobertura es de especies de árboles introducidos (10)	
	51-75 por ciento o más de los arbustos son de especies autóctonas (+5)	
Grado de naturalidad del canal fluvial	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal. (10)	
	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río (-10)	
TOTAL: 55 - inicio de alteración importante, calidad intermedia (Calificación: Moderado)		

4.2.5. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 5

En el punto de muestreo 5 se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, la cual tuvo una calificación de 40 “Deficiente” (Tabla 69, del Anexo 1). La afectación se evidencia por el grado de cubierta de la zona de ribera, la estructura de cubierta y el grado de naturalidad del canal fluvial, existe estructura sólida dentro del lecho del río, no hay una adecuada conectividad y el recubrimiento de árboles/arbustos ribereños es bajo. La calificación se describe en la Tabla 34.

Tabla 34: Calidad de vegetación de ribera -punto 5 cuenca media del río Ramuschaca

criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	50-80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (10)	
	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50 por ciento (+5)	
Estructura de la cubierta	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 por ciento o recubrimiento de árboles entre 25 y 50 por ciento y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 por ciento (10)	
	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 por ciento (+10)	
Calidad de la cubierta	Como máximo un 25 por ciento de la cobertura es de especies de árboles introducidos (10)	
	26-50 por ciento de la cobertura de arbustos de especies autóctonas (-5)	
Grado de naturalidad del canal fluvial	Río canalizado en la totalidad del tramo (0)	
	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río (-10)	
TOTAL: 40 - Calificación: alteración fuerte, mala calidad (Calificación: Deficiente)		

4.2.6. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 6

En el punto de muestreo 6 se identificaron 4 niveles de calificación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, los cuales tuvieron una calificación de 10 “Malo” (Tabla 70, del Anexo 1). Asimismo, la afectación se evidencia por el grado de cubierta de la zona de ribera y el grado de naturalidad del canal fluvial, ya que la zona evaluada está totalmente alterada (localidad de Zurite), por las actividades antrópicas, canalización del río y alteración de la cobertura de ribera. La calificación se describe en la Tabla 35.

Tabla 35: Calidad de vegetación de ribera -punto 6 cuenca media del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	10-50 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (5) Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50 por ciento (-5)	
Estructura de la cubierta	Recubrimiento de árboles inferior al 50 por ciento y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y 25 por ciento (5) Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad (-5)	
Calidad de la cubierta	Más del 51 por ciento de los árboles de la ribera son especies introducidas (0) 51-75 por ciento o más de los arbustos de especies autóctonas (+5)	
Grado de naturalidad del canal fluvial	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río (5)	
TOTAL: 10 - degradación extrema, calidad pésima (Calificación: Malo)		

4.2.7. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 7

En el punto de muestreo 7 se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, los cuales tuvieron una calificación de 15 “Malo” (Tabla 71, del Anexo 1). La afectación se evidencia por el grado de cubierta de la zona de ribera, y el grado de naturalidad del canal fluvial, debido a que la zona evaluada está canalizada por infraestructura hidráulica, existe una alteración de la cobertura de ribera, no se tiene una conexión de árboles/arbustos con el río, tal como se describe en la Tabla 36.

Tabla 36: Calidad de vegetación de ribera - punto 7 cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	50-80 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (10) Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50 por ciento (-5)	
Estructura de la cubierta	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 por ciento o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 por ciento y el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 por ciento (10) Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad (-5)	
Calidad de la cubierta	Más del 51 por ciento de los árboles de la ribera son especies introducidas (0) 51-75 por ciento o más de los arbustos de especies autóctonas (+5)	
Grado de naturalidad del canal fluvial	Río canalizado en la totalidad del tramo (0)	
TOTAL: 5 - degradación extrema, calidad pésima (Calificación: Malo)		

4.2.8. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 8

En el punto de muestreo 8, se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, el cual tuvo una calificación de cinco “Malo” (Tabla 72, del Anexo 1). La afectación en este punto de evaluación es por el grado de cubierta de la zona de ribera y el grado de naturalidad del canal fluvial, debido a la canalización de la zona evaluada para actividades antrópicas, existe alteración de la cobertura de ribera, no hay conexión de árboles/arbustos con el río y la cobertura de ribera fue cambiada por cultivos. La calificación se describe en la Tabla 37.

Tabla 37: Calidad de vegetación de ribera - punto 8 cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	<p>10-50 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (5)</p> <p>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50 por ciento (-5)</p>	
Estructura de la cubierta	<p>Recubrimiento de árboles inferior al 50 por ciento y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y 25 por ciento (5)</p> <p>Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad (-5)</p>	
Calidad de la cubierta	<p>Más del 51 por ciento de los árboles de la ribera son especies introducidas (0)</p> <p>51-75 por ciento o más de los arbustos de especies autóctonas (+5)</p>	
Grado de naturalidad del canal fluvial	<p>Río canalizado en la totalidad del tramo (0)</p>	
<p>TOTAL: 5 - degradación extrema, calidad pésima (Calificación: Malo)</p>		

4.2.9. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) del punto de muestreo 9

En el punto de muestreo 9, se identificaron 4 niveles de puntuación para riberas compuestas por vegetación arbórea/arbustiva, los cuales tuvieron una calificación de cero “Malo” (Tabla 73, del Anexo 1). La afectación se evidencia por el grado de cubierta de la zona de ribera, y el grado de naturalidad del canal fluvial, por la canalización de la zona evaluada, existe alteración de la cobertura de ribera, no hay conexión de árboles/arbustos con el río, existen especies introducidas a lo largo del río, la cobertura de ribera fue cambiada por cultivos y existe discontinuidad de la cobertura. La calificación se describe en la Tabla 38.

Tabla 38: Calidad de vegetación de ribera - punto 9 cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Grado de cubierta de la zona de ribera	<p><10 por ciento de cubierta vegetal de la zona de ribera (0)</p> <p>Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25 por ciento (-10)</p>	
Estructura de la cubierta	<p>Sin árboles y arbustos por debajo del 10 por ciento (0)</p> <p>Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad (-5)</p>	
Calidad de la cubierta	<p>Más del 51 por ciento de los árboles de la ribera son especies introducidas (0)</p> <p>26-50 por ciento de la cobertura de arbustos de especies autóctonas (-5)</p>	
Grado de naturalidad del canal fluvial	<p>Río canalizado en la totalidad del tramo (0)</p>	
TOTAL: 0 - degradación extrema, calidad pésima (Calificación: Malo)		

4.2.10. Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) de la cuenca del río Ramuschaca

Existe diferencia en la calificación desde la parte alta hasta la baja; en la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3), la calificación es de 100 y la alteración de la cobertura es casi nula, teniendo pocas actividades de pastoreo de ganado vacuno y ovino que no alteran la cobertura vegetal y la conectividad con el río. La cuenca media (punto 4), tiene una calificación de 55, debido a que la zona ha sido objeto de obras de canalización (hidráulica) con disuasores de velocidad.

En el punto 5 de la cuenca media la calificación fue de 40, debido a que en la zona se canalizó el río con infraestructura verde, por lo cual, la conectividad de la ribera con el río fue alterada; mientras que para los puntos de evaluación 6, 7, 8 y 9 (parte media y baja de la cuenca) se tiene una calificación de 0 a 15, ya que existe una alteración de la ribera del río y de la cobertura por actividades antrópicas (centro urbano, zona agrícola y ganadera), que modificaron el canal del río; la parte baja de la cuenca es netamente usada para la zona agrícola y ganadera, utilizan el agua para riego y actividades de agricultura y no existe una adecuada conectividad entre la cobertura riparia con el río (Figura 32, del Anexo 5).

El QBR-And tiene una tendencia decreciente desde la parte alta de la cuenca con valores altos, hasta la parte baja con valores bajos, el índice QBR-and es de mejor calidad conforme la altitud va aumentando. El detalle obtenido se describe en la Tabla 39.

Tabla 39: Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And)

Calificación riparia de ecosistemas fluviales	Cuenca alta			Cuenca media			Cuenca baja			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	
1	Grado de cubierta de la zona de ribera	25	25	20	25	15	0	5	0	0
2	Estructura de cubierta	----	----	20	15	20	0	5	0	0
3	Calidad de la cubierta	25	25	24	15	5	5	5	5	0
4	Grado de naturalidad del canal fluvial	25	25	25	0	0	5	0	0	0
Total		100	100	90	55	40	10	15	5	0
Calificación		Bueno	Bueno	Bueno	Modera-	Defici-	Malo	Malo	Malo	Malo

La cuenca alta tiene la mejor calificación de la Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And); en la cuenca media y baja, las especies introducidas como eucalipto (*Eucalyptus spp*) y pino (*Pinus spp*) afectan la cobertura vegetal y acciones antrópicas como infraestructura de canalización del río, residuos sólidos, etc., alteran la estructura de la cobertura vegetal; asimismo, la Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) no modifica el desarrollo de macroinvertebrados en el curso de la cuenca del río Ramuschaca.

En la cuenca de Ramuschaca, se evidencia la disminución del QBR-And por la deforestación, canalización del río, presencia de estructuras rígidas transversales en el lecho y la presencia de basura, pero esta alteración no condiciona la estructura de la comunidad de macroinvertebrados. Los resultados son similares a lo descrito por Acosta *et al.* (2009), debido a que en la puna de Perú se puede presentar un Índice Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) alto comparado con una ribera reforestada de bajas altitudes (2000 a 3000 m.s.n.m.); asimismo, la principal alteración de las riberas de bosque se da por especies introducidas como eucalipto y pino (*Eucalyptus spp.*, *Pinus spp.*).

Esta investigación evidenció que el impacto antropogénico afecta significativamente a los ecosistemas acuáticos y la conectividad disminuyendo la vegetación de ribera, que podría causar efecto negativo en los procesos físicos y bióticos por la pérdida de conectividad entre el ecosistema terrestre y acuático. Al respecto, Ordoñez (2011), menciona que las actividades antrópicas disminuyen la calidad del QBR-And; y que, la cobertura vegetal de ribera está relacionada con la hidrología (evaporación, infiltración y escorrentía).

En la cuenca de Ramuschaca se evidenció que las zonas sin intervención antrópica tienen una mejor Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) en comparación con las zonas intervenidas; en áreas donde existe poca vegetación de ribera se reflejó que existe mayor erosión, turbidez y sólidos suspendidos y en lugares donde la cobertura vegetal es abundante una mayor actividad biológica. Los resultados son similares a los de Encalada (2011) que encontraron valores de QBR mayores en los ríos gestionados y manejados, ya que poseen una calidad buena de la ribera en comparación con aquellos que no presentan algún tipo de manejo. El QBR comparado con el río prístino es similar al de la cuenca manejada, la vegetación de ribera disminuye la erosión y por tanto los niveles de turbidez y de sólidos suspendidos, una mayor vegetación de ribera, también, ofrece un importante aporte de hojarasca o materia orgánica que constituye un recurso energético indispensable para la vida del río.

En la cuenca del río Ramuschaca se obtuvieron mayores calificaciones en la zona alta, disminuyendo en la zona media y, por último, en la zona baja, siendo estos resultados similares a los obtenidos por Salcedo *et al.* (2013).

El presente estudio, pudo determinar que el QBR-And depende directamente de la dinámica fluvial que determina las características del suelo y que está relacionado con la calidad del agua de los ríos, debido a su gran capacidad natural de retener materia orgánica, sedimentos, nutrientes, metales y contaminantes, en especial en zonas de intensa actividad agropecuaria; asimismo, los recursos tróficos utilizados por la comunidad de macroinvertebrados se originan en el sustrato y la hojarasca de las riberas del río y que existe un flujo constante de materia y energía entre estos. Dichos resultados se asemejan a los obtenidos por Acosta *et al.* (2014).

En la cuenca del río Ramuschaca la calidad de la cobertura vegetal no es buena en todos los puntos de evaluación, porque la zona tiene intervención antrópica sectorizada en la parte baja, asimismo, la zona de estudio no es un Área Natural Protegida; sin embargo, en las zonas evaluadas por Gamarra *et al.* (2016), tiene calidad “Buena” para vegetación de ribera porque esas zonas si son consideradas ANP.

Los puntos de evaluación con buena calidad de ribera tienen abundante vegetación nativa en las márgenes y una menor intervención antrópica, aumentando los valores en el índice QBR-And en relación a las estaciones alteradas, donde sí presentan alteración. Dichos resultados son similares a los reportados por Galeano-Rendón *et al.* (2017).

Los resultados de QBR-And obtenidos en el presente estudio son semejantes con los de Alomía *et al.* (2017), describiendo índices de “Mala” e “Intermedia” calidad en las estaciones cercanas a carreteras o trochas, donde se reduce la conectividad de la ribera con el ecosistema adyacente, ya que, disminuye el ancho de la franja del río y la vegetación ribereña y en consecuencia retiene el exceso de sedimentos, agroquímicos y nutrientes; otro problema que se identifica es la perturbación de la estructura vegetal de la ribera, ya sea por la deforestación de árboles, arbustos, etc., utilización estas zonas de ribera como pasturas, acercamiento de poblaciones y la introducción de especies forestales como el eucalipto (*Eucalyptus sp.*)

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD ECOLÓGICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO RAMUSCHACA

4.3.1. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 1 bentos

Se identificaron 992 individuos agrupados en 7 órdenes y 13 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Hyaellidae*, con 927 individuos, seguido por la familia *Elmidae*, con 14 individuos, obteniendo una puntuación de 58 y una calificación de “Regular” para el método Encalada y “Bueno” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 40.

Tabla 40: Índice Biótico Andino del punto 1 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
Arthropoda	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6	927
	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Limnephilidae</i>	7	12
		<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	14
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	2
	<i>Bivalvia</i>	<i>Veneroidea</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3	13
	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Scirtidae</i>	5	8
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4	9
		<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4	2
		<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>	4	1
		<i>Plecoptera</i>	<i>Gripopterygidae</i>	10	1
		<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5	1
		<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2	1
	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	1	1
Puntuación ABI total				58	
Calificación Encalada				Regular	
Calificación Acosta				Bueno	

4.3.2. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 2 bentos

Se identificaron 288 individuos agrupados en 6 órdenes y 10 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Hyaellidae*, con 179 individuos, obteniendo una puntuación de 61 y una calificación de “Bueno” para los métodos Encalada y Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 41.

Tabla 41: Índice Biótico Andino del punto 2 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6	179
	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	7	36
		Coleoptera	Elmidae	5	44
		Coleoptera	Scirtidae	5	9
		Diptera	Psychodidae	3	4
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10	3
		Trichoptera	Hydrobiosidae	8	1
		Plecoptera	Gripopterygidae	10	1
		Diptera	Simuliidae	5	10
		Diptera	Chironomidae	2	1
Puntuación ABI total				61	
Calificación Encalada				Bueno	
Calificación Acosta				Bueno	

4.3.3. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 3 bentos

Se identificaron 249 individuos agrupados en 7 órdenes y 12 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Coleoptera*, con 70 individuos, seguido de la familia *Leptophlebiidae*, con 50 individuos. Se obtuvo una puntuación de 68 y una calificación de “Bueno” para los métodos Encalada y Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42: Índice Biótico Andino del punto 3 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	3	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6	10	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10	50	
Arthropoda		Plecoptera	Gripopterygidae	10	36	
Arthropoda		Coleoptera	Elmidae	5	70	
Arthropoda		Diptera	Chironomidae	2	45	
Arthropoda		Trichoptera	Hydrobiosidae	8	10	
Arthropoda		Diptera	Empididae	4	3	
Arthropoda		Trichoptera	Hydroptilidae	6	9	
Arthropoda		Diptera	Simuliidae	5	3	
Annelida		Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	2
Arthropoda		Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	7	8
Puntuación ABI total				68		
Calificación Encalada				Bueno		
Calificación Acosta				Bueno		

4.3.4. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 4 bentos

Se identificaron 1284 individuos agrupados en 8 órdenes y 18 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Coleoptera* con 385 individuos, seguido de la familia *Baetidae*, con 347 individuos y las familias *Staphylinidae*, *Tabanidae* y *Limoniidae*, con un solo individuo, obteniendo una puntuación de 92 y una calificación de “Bueno” para el método Encalada y “Muy bueno” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 43.

Tabla 43: Índice Biótico Andino del punto 4 de la cuenca media del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
Arthropoda	Insecta	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10	3
		<i>Plecoptera</i>	<i>Gripopterygidae</i>	10	205
		<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	385
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4	347
		<i>Trichoptera</i>	<i>Limnephilidae</i>	7	6
		<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5	8
		<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4	84
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	186
		<i>Coleoptera</i>	<i>Staphylinidae</i>	3	1
	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6	5
	<i>Arachnida</i>	<i>Trombidiforme</i>	<i>Hydracarina</i>	4	2
	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	5	8
	<i>Insecto</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	8	4
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	1	11
Arthropoda	Insecta	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	6	22
		<i>Diptera</i>	<i>Tabanidae</i>	4	1
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4	5
		<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>	4	1
Puntuación ABI total				92	
Calificación Encalada				Bueno	
Calificación Acosta				Muy bueno	

4.3.5. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 5 bentos

Se identificaron 249 individuos agrupados en 8 órdenes y 17 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Ephemeroptera*, con 337 individuos, seguido de las familias *Chironomidae*, con 199 individuos y por la familia *Hyaellidae*, con un solo individuo; asimismo, con un solo individuo las familias *Lymnaeidae*, *Tipulidae* y *Ceratopogonidae*, que pertenecen al orden *Basommatophora* e *Insecta*.

Se obtuvo una puntuación de 86 y una calificación de “Bueno” para el método Encalada y “Muy bueno” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 44.

Tabla 44: Índice Biótico Andino del punto 5 de la cuenca media del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
Arthropoda	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6	105
	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	14
	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	1	40
	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	5	48
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	199
		<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	6	9
		<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	4	2
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4	337
		<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>	4	18
		<i>Plecoptera</i>	<i>Gripopterygidae</i>	10	27
<i>Trichoptera</i>	<i>Limnephilidae</i>	7	2		
<i>Mollusca</i>	<i>Gasteropoda</i>	<i>Basommatophora</i>	<i>Lymnaeidae</i>	3	1
Arthropoda	<i>Insecta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Hydrobiosidae</i>	8	3
		<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2	4
		<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	5	1
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	10	2
		<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4	1
Puntuación ABI total				86	
Calificación Encalada				Bueno	
Calificación Acosta				Muy bueno	

4.3.6. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 6 bentos

Se identificaron 222 individuos agrupados en 6 órdenes y 13 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Ephemeroptera*, con 95 individuos, seguida de la familia *Tubificidae*, con 40 individuos, la familia *Chironomidae*, con 34 individuos y la familia *Limoniidae*, con 22 individuos.

Con una menor cantidad, las familias *Staphylinidae*, *Hyalellidae* y *Elmidae*, con 2 individuos y la familia *Polycentropodidae*, con un solo individuo.

Se obtuvo una puntuación de 51 y una calificación de “Regular” para el método Encalada y “Bueno” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 45.

Tabla 45: Índice Biótico Andino del punto 6 de la cuenca media del río Ramuschaca

Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
<i>Annelida</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Haplotaxida</i>	<i>Tubificidae</i>	1	40
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4	95
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	34
			<i>Limoniidae</i>	4	22
			<i>Stratiomyidae</i>	4	4
			<i>Ceratopogonidae</i>	4	3
		<i>Coleoptera</i>	<i>Staphylinidae</i>	3	2
	<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	3	6	
	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6	2
	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	2
		<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	5	3
		<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	8	1
		<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2	8
Puntuación ABI total				51	
Calificación Encalada				Regular	
Calificación Acosta				Bueno	

4.3.7. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 7 bentos

Se identificaron individuos agrupados en 8 órdenes y 15 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando en el punto de muestreo 7 bentos la familia *Chironomidae* con 578 individuos, seguido por la familia *Baetidae* con 53 individuos y la familia *Tubificidae* con 23 individuos.

Con una menor cantidad, las familias *Physidae*, *Dytiscidae* y *Psychodidae*, con 2 individuos cada uno, así como las familias *Polycentropodidae*, *Tabanidae* y *Stratiomyidae*, con un solo individuo.

Se obtuvo una puntuación de 59 y una calificación de “Bueno” para los métodos Encalada y Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 46.

Tabla 46: Índice Biótico Andino del punto 7 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	5	4
		Diptera	Chironomidae	2	578
		Ephemeroptera	Baetidae	4	53
	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6	4
Mollusca	Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	3	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Muscidae	2	5
Arthropoda		Coleoptera	Elmidae	5	5
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	23
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	3	2
		Trichoptera	Polycentropodidae	8	1
		Diptera	Empididae	4	4
		Diptera	Tabanidae	4	1
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	5	4
Arthropoda	Insecta	Diptera	Psychodidae	3	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Stratiomyidae	4	1
Puntuación ABI total				59	
Calificación Encalada				Bueno	
Calificación Acosta				Bueno	

4.3.8. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 8 bentos

Los 753 individuos identificados, se encuentran agrupados en 8 órdenes y 13 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Glossiphoniidae*, con 304 individuos, la familia *Physidae*, con 202 individuos, la familia *Hyaellidae*, con 87 individuos y la familia *Chironomidae*, con 82 individuos.

Con una menor cantidad, las familias *Empididae*, con dos individuos y las familias *Sphaeriidae*, *Stratiomyidae* y *Tipulidae*, con un solo individuo.

Se obtuvo una puntuación de 50 y una calificación de “Regular” para el método Encalada y “Bueno” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 47.

Tabla 47: Índice Biótico Andino del punto 8 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
<i>Mollusca</i>	<i>Gasteropoda</i>	<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>	3	202
	<i>Bivalvia</i>	<i>Veneroida</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3	1
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	82
		<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	12
		<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4	25
<i>Annelida</i>	<i>Hirudinea</i>	<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3	304
<i>Arthropoda</i>	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6	87
<i>Platyhelminthes</i>	<i>Turbellaria</i>	<i>Tricladida</i>	<i>Planariidae</i>	5	21
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2	12
			<i>Empididae</i>	4	2
			<i>Stratiomyidae</i>	4	1
			<i>Limoniidae</i>	4	3
			<i>Tipulidae</i>	5	1
Puntuación ABI total				50	
Calificación Encalada				Regular	
Calificación Acosta				Bueno	

4.3.9. Índice Biótico Andino (ABI) del punto de muestreo 9-bentos

En el punto de muestreo 9, se identificaron 141 individuos agrupados en 6 órdenes y 10 familias (Tabla 74, del Anexo 2), predominando la familia *Hyaellidae*, con 847 individuos, obteniendo una puntuación de 35 y una calificación de “Malo” para el método Encalada y “Regular” para el método Acosta. La descripción se detalla en la Tabla 48.

Tabla 48: Índice Biótico Andino del punto 9 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Puntuación ABI	Individuos
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	3	18
	<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyaellidae</i>	6	847
	<i>Insecta</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4	16
<i>Mollusca</i>	<i>Gasteropoda</i>	<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>	3	20
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5	9
		<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	27
		<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2	6
<i>Annelida</i>	<i>Hirudinea</i>	<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3	96
<i>Mollusca</i>	<i>Gasteropoda</i>	<i>Basommatophora</i>	<i>Planorbidae</i>	3	1
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Limoniidae</i>	4	1
Puntuación ABI total				35	
Calificación Encalada				Malo	
Calificación Acosta				Regular	

De los resultados de ambas metodologías, se describe lo siguiente:

- **Método Encalada:** la calidad de agua es “Regular” en el punto 1, “Bueno” para los puntos 2, 3, 4 y 5, “Regular” para el punto 6, “Buena” en el punto 7, “Regular” para el punto 8 y “Mala” para el punto 9 (Figura 33, del Anexo 5).
- **Método Acosta:** la calidad de agua es “Bueno” en los puntos 1, 2 y 3, “Muy buena” para los puntos 3 y 4, “Bueno” en el punto 6, “Bueno” para los puntos 7 y 8 y “Regular” en el punto 9 (Figura 34, del Anexo 5).

De los resultados obtenidos de ambos métodos, se infiere que Acosta es el que mejor describe las características de las zonas altoandinas de Perú, debido a que la comunidad de macroinvertebrados actualmente de joven y está en proceso de colonización de los nichos ecológicos que se encuentran vacíos en los hábitats sobre los 4000 m.s.n.m., como el caso de la cuenca del río Ramuschaca, toda vez que, la calidad del agua evaluada, disminuye conforme desciende de altitud.

4.3.10. Índice Biótico Andino (ABI) de la cuenca del río Ramuschaca

Se identificaron 4 phylum, 8 clases, 12 órdenes y 31 familias con un total de 6331 individuos contabilizados para los 9 puntos (cuenca alta, media y baja) de evaluación realizados, como se describe en la Tabla 49.

Tabla 49: Familias de macroinvertebrados identificadas

Cuenca Ramuschaca	Punto de evaluación	Individuos	Familia
Alta	Punto 1	992	13
	Punto 2	288	10
	Punto 3	249	12
Media	Punto 4	1284	18
	Punto 5	813	17
	Punto 6	222	13
Baja	Punto 7	689	15
	Punto 8	753	13
	Punto 9	1041	10
Total		6331	31

Asimismo, en la Tabla 50 se presentan las categorías taxonómicas de macroinvertebrados identificados en la cuenca del río Ramuschaca.

Tabla 50: Categorías taxonómicas de macroinvertebrados

Taxonomía	Phyllum	Clase	Orden	Familia
Total	4	8	12	31

Las familias *Hyaellidae* (ABI: 6), *Elmidae* (ABI: 5) y *Chironimidae* (ABI: 2) fueron identificados en todos los puntos de muestreo, evidenciando que la cuenca del río Ramuschaca se encuentra impactada por actividades antrópicas a lo largo de todo su recorrido. La familia *Hyaellidae* tiene el mayor número de individuos cuantificados (2053) y *Ptilodactylidae*, *Planorbidae* y el Sub Orden *Hydracarina* con solo un individuo contabilizado.

Las familias *Gripopterygidae* (puntos 1, 2, 3, 4 y 5) y *Leptophlebiidae* (puntos 2, 3, 4 y 5) con ABI: 10, seguido por las familias *Hydrobiosidae* (puntos 2, 3, 4, 5) y *Polycentropodidae* (puntos 6 y 7) con ABI: 8 y la familia *Limnephilidae* (puntos 1, 2, 3, 4 y 5) con ABI 7, son los mejores indicadores de calidad de agua. Asimismo, en las 9 estaciones evaluadas se describieron especies indicadoras, lo cual evidencia que la cuenca del río Ramuschaca no tiene un impacto significativo, a pesar de las actividades antrópicas que se realizan.

La familia *Tubificidae* (ABI: 1) se registraron en los puntos 1, 3, 4, 5, 6 y 7, *Muscidae* (ABI: 2) en los puntos 1, 6, 7, 8 y 9 y *Chironimidae* (ABI: 2) en todos los puntos de evaluación, considerándose indicadores de contaminación.

La familia *Elmidae* (ABI 5), fue identificado en todos los puntos de evaluación, *Scirtidae* (ABI 5) en los puntos 1 y 2, *Ptilodactylidae* (ABI 5) en el punto 1, *Simuliidae* (ABI 5) en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 y *Tipulidae* (ABI 5) en los puntos 4, 5, 7 y 8, lo cual evidencia que el del río Ramuschaca se encuentra en una fase de incremento de perturbaciones por las diferentes actividades agropecuarias.

El Suborden Hydracarina (ABI: 4), es un nuevo registro para la zona de estudio.

En la cuenca alta, la calidad del agua no tiene indicadores de contaminación notorias, debido a que no se tiene un impacto antrópico significativo debido a la altitud a la que se encuentran estos puntos de evaluación (3900 a 4350 m.s.n.m.).

Para los puntos 4 y 5 de la cuenca media la calidad del agua mejora por los resultados obtenidos de los índices bióticos identificados, debido a que, en la zona a pesar de la

existencia de infraestructura hidráulica que modificó el cauce natural del río, la zona se encuentra con pendiente adecuada (40 - 50°) favoreciendo la oxigenación del agua; asimismo, la cobertura vegetal y el canal fluvial facilita el desarrollo de macroinvertebrados indicadores de calidad en cuanto a la diversidad y abundancia.

En el punto 6 la calidad no es muy buena, debido a que en esta se ubica en el centro poblado de Zurite, asimismo existen actividades antrópicas que impactan sobre la calificación; sin embargo, se puede evidenciar que la afectación se da principalmente por el vertimiento de aguas servidas al río, así como el arrojado de residuos sólidos.

Finalmente, en la cuenca baja, la calidad del agua tiene indicios de afectación, debido a que, las actividades antrópicas afectan la naturalidad del curso fluvial; asimismo, la incorporación de materia orgánica al río producto de las actividades agropecuarias y la fragmentación de la cobertura de ribera llega a un nivel de alteración global o total, lo cual se refleja en la calificación ABI obtenida. El resultado de ambas metodologías se describe en la Tabla 51.

Tabla 51: Comparativo de la puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) de las metodologías propuestas

Cuenca	Calificación	Encalada	Calidad	Acosta	Calidad
Alta	Punto 1	Regular	58	Bueno	58
	Punto 2	Bueno	61	Bueno	61
	Punto 3	Bueno	68	Bueno	68
Media	Punto 4	Bueno	92	Muy Bueno	92
	Punto 5	Bueno	86	Muy Bueno	86
	Punto 6	Regular	51	Bueno	51
Baja	Punto 7	Bueno	59	Bueno	59
	Punto 8	Regular	50	Bueno	50
	Punto 9	Malo	35	Regular	35

El presente estudio demuestra bajos valores en la cantidad de familias de bentos y del ABI; que, según Acosta *et al.* (2009), se debe a que en las punas hay una escasa oferta de nichos ecológicos, que a su vez condiciona una escasa diversidad de macroinvertebrados de forma natural, reflejándose así la baja heterogeneidad, como se evidencia en la cuenca estudiada.

Las familias *Baetidae*, *Elmidae*, *Hyaellidae* (ABI < 6), así como las *Chironomidae*, *Muscidae*, *Tubificidae*, *Planorbidae* y *Physidae* (ABI < 2) se identifican como frecuentes en las zonas alteradas, lo cual coincide a los encontrados por Acosta *et al.* (2009), que describen

las familias: *Baetidae*, *Elmidae*, *Chironomidae* y *Oligochaeta* (ABI < 6) en las estaciones con algún tipo de alteración.

En el presente estudio los *Dípteros*, *Coleópteros*, *Ephemeroptera*, *Gasterópodo* y *Anélidos* (ABI menor a 5) fueron identificados en zonas con importante alteración antrópica, con menor riqueza y diversidad. Resultados similares evidenciaron Acosta *et al.* (2009) en aquellos lugares donde sí existe una importante actividad antrópica, presenta una menor riqueza y diversidad taxonómica y la comunidad bentónica, como los *Dípteros*, *Coleópteros*, gusanos *Oligoquetos*, *Moluscos* (ABI < 5), entre otros.

En el río Ramuschaca las familias identificadas en zonas alteradas con mayor abundancia son: *Hyalellidae* (Artrópodo), *Glossiphoniidae* (Anélidos), *Physidae* (Molusco), *Chironomidae* (Díptero), *Baetidae*, *Chironomidae* (Insecto) (ABI < 5), lo cual se relaciona con abundancia de materia orgánica en zonas con intensa actividad antrópica. Estos resultados coinciden con Salcedo *et al.* (2013) que describen mayor abundancia de macroinvertebrados en las zonas media y baja de la cuenca (zonas urbanas), representada por las familias: *Ephemeropteros* (*Baetodes*) y *Dípteros* (*Chironómidos* y *Simúlidos*) (ABI < 5), que podría ser causada por el incremento en la concentración de nutrientes, debido al uso de fertilizantes.

Los ríos que pasan por zonas pobladas muestran un mayor impacto antropogénico, generando disminución de la riqueza de macroinvertebrados. Por otro lado, la falta de conectividad entre el ecosistema acuático y la ribera provoca la reducción de macroinvertebrados en la zona ribereña. Ordoñez (2011) obtiene resultados similares, debido a que las actividades ganaderas y la disminución de cobertura vegetal por acciones antrópicas incrementan los sedimentos finos que provoca la disminución de invertebrados en el río.

En los ríos impactados por actividades antrópicas, existe alteración de los valores ABI en la cuenca alta del río Ramuschaca, como las familias: *Tabanidae*, *Muscidae*, *Chironomidae*, *Baetidae*, *Tubificidae*, *Glossiphoniidae* (ABI < 5) que son indicadores de mala calidad. Encalada (2011) describe la ausencia de algunas familias indicadoras de buena calidad como: *Dolichopodidae*, *Anomalopsychidae*, *Tabidae*, *Glossosomatidae*, *Corixidae*, *Helicopsychidae* y *Blephariceridae*, (ABI > 6) que se detectaron en los ríos sin manejo, encontrando similitud en los resultados obtenidos.

En la cuenca del río Ramuschaca se identificaron 9 familias con menor abundancia: *Leptophlebiidae*, *Muscidae*, *Planorbidae*, *Sphaeriidae*, *Psychodidae*, *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Gripopterygidae* y *Tabanidae*, evidenciando que, a pesar de no tener un manejo específico, no se encuentra alterada significativamente, por otro lado, las zonas con menos alteración antrópica se encuentran mayor número de familias. Encalada (2011) describe 12 familias de los ríos de la cuenca manejada: *Anomalopsychidae*, *Blepharoceridae*, *Leptophlebiidae*, *Muscidae*, *Planorbidae*, *Sphaeriidae*, *Psychodidae*, *Ptilodactylidae*, *Tipulidae*, *Dolichopodidae* y *Corixidae*, *Glossosomatidae*, al encontrarse mayor número de especies poco usuales en los sitios de manejo que la cuenca sin manejo, dando un indicio de que estos lugares están conservados.

Se identificó mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados en la cuenca media (puntos 4 y 5) del río Ramuschaca. Salcedo *et al.* (2013) evidencian mayor abundancia de macroinvertebrados en la cuenca media.

Los resultados muestran que en la cuenca de Ramuschaca las familias: *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Hydrobiosidae*, *Limnephilidae* y *Polycentropodidae* (ABI > 7), son indicadores de buena calidad de agua, identificados en sustrato de piedras y cantos. Resultados similares obtuvo Salcedo *et al.* (2013) que describen a las familias: *Leptophlebiidae*, *Oligoneuriidae*, *Perlidae*, *Anomalopsychidae*, *Calamoceratidae*, *Helicopsychidae*, *Odontoceridae* y *Blephariceridae* (ABI > 7), como indicadores de calidad (sensibles a la contaminación), debido a que se encontraron en sustratos de piedras y cantos.

Los invertebrados son usados como indicadores debido a que tienen una amplia distribución geográfica, amplia variedad de respuestas a los gradientes ambientales y al ser relativamente sedentarios son representativos del área donde son colectados; asimismo, son importantes para evidenciar efectos de la contaminación antrópica o natural en el tiempo, reflejando adecuadamente las alteraciones del medio, debido a que viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse contaminantes, las cuales se incorporan dentro de la cadena trófica a través de ellos. Esta evidencia la describe Acosta *et al.* (2014), dado que los macroinvertebrados presentan una sensibilidad a diferentes tipos de contaminación y que responden a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en los sedimentos.

En la cuenca del río Ramuschaca se colectaron 6331 individuos, distribuidos en 4 phylum, 8 clases, 12 órdenes y 31 familias (3300 – 4300 m.s.n.m.), con calidad de “Bueno”,

“Regular” y “Malo”. Gamarra *et al.* (2016) colectaron 7521 individuos, distribuidos en 8 clases, 16 órdenes, 57 familias y 21 géneros (2700 a 3027 m.s.n.m.) con calidad de “Excelente” y “Muy buena”, encontrando similitud en ambos resultados.

En la cuenca del río Ramuschaca, se puede deducir que, las comunidades naturales se caracterizan por tener una alta riqueza y un bajo número de individuos por especie. Por el contrario, una comunidad bajo una presión de contaminación, se caracteriza por poseer un bajo número de especies, pero muchos individuos por especie, teniendo un nivel de contaminación poco significativo. Gamarra *et al.* (2016) describen ambas características.

En el río Ramuschaca se identificaron 31 familias de invertebrados, de las cuales 18 fueron de calidad “Buena” y 13 con calidad “Mala” y “Pésima”. Resultados similares encontró Galeano-Rendón *et al.* (2017), que identificaron 57 familias, de las cuales, 37 se ubican en zonas de calidad buena, en comparación con las familias con calidad mala (zonas alteradas).

La baja calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados se debe a la lixiviación de residuos de materia orgánica que son usados en las actividades agropecuarias. Resultados similares obtuvieron Galeano-Rendón *et al.* (2017), evidenciando que el uso de insecticidas y de fertilizantes en las riberas de los ríos generan mala calidad del agua.

Los resultados de este estudio muestran que las familias: *Chironomidae*, *Hyalellidae*, *Elmidae* ($ABI < 6$), son las más abundantes y están presentes en todos los puntos de evaluación. Alomía *et al.* (2017) describen a las familias más abundantes: *Chironomidae*, *Baetidae*, *Leptohyphidae* y *Hydropsychidae*, los *Chironomidae* ($ABI 2$), que son tolerantes a grandes porcentajes de materia orgánica y cortos ciclos de vida, los *Baetidae* ($ABI 2$), fueron el segundo grupo más abundante y son predominantes en lluvia y reportada en casi todas las estaciones, encontrando semejanzas en ambas descripciones.

4.4. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) DEL RÍO RAMUSCHACA

4.4.1. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 1

En el punto de muestreo 1 se identificaron 7 niveles de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 81 “Muy buena” (Tabla 75, del Anexo 3). La variación en la calificación se da en los componentes: composición del sustrato, régimen

de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce; ya que, la zona está poco impactada y alterada por acciones antrópicas; la dinámica fluvial es natural y sin alteraciones en la zona de pajonal. La Tabla 52 detalla la calificación obtenida.

Tabla 52: Índice de Hábitat Fluvial del punto 1 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30 por ciento (10)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas >10 por ciento (5) Arena >10 por ciento (5) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 2 de las 4 (rápido – profundo, rápido - somero) (6)	
Porcentaje de sombra de cauce	Expuesto (3)	

«Continuación»		
criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca >10 ó <75 por ciento (4)	
	Raíces expuestas (2)	
	Diques naturales (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos 10-50 por ciento (10)	
	Pecten 10-50 por ciento (10)	
	Fanerógamas + charales 10-50 por ciento (10)	
TOTAL: 81 (Calificación: Muy buena)		

4.4.2. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 2

En el punto de muestreo 2 se identificaron 7 niveles de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 80 “Muy Buena” (Tabla 76, del Anexo 3).

La variación en la calificación se evidencia en los componentes: composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce y elementos de heterogeneidad, debido a que en el punto de evaluación se ubica en zona de pajonal, y no se identificaron árboles ni arbustos.

La zona está poco impactada y la alteración por acciones antrópicas es poco significativa, la dinámica fluvial sigue el curso natural y la zona de pajonal no tiene alteraciones. La Tabla 53 detalla la calificación obtenida.

Tabla 53: Índice de Hábitat Fluvial del punto 2 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30 por ciento (10)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas 1-10 por ciento (2) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla >10 por ciento (5)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 2 de las 4 (rápido – profundo, rápido - somero) (6)	
Porcentaje de sombra de cauce	Grandes claros (5)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca >10 ó <75 por ciento (4)	
	Raíces expuestas (2)	
	Diques naturales (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos 10-50 por ciento (10)	
	Pecton 10-50 por ciento (10)	
	Fanerógamas + charales 10 – 50 por ciento (10)	
TOTAL: 80 (Calificación: <i>Muy buena</i>)		

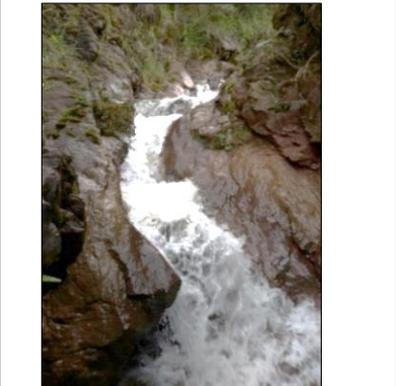
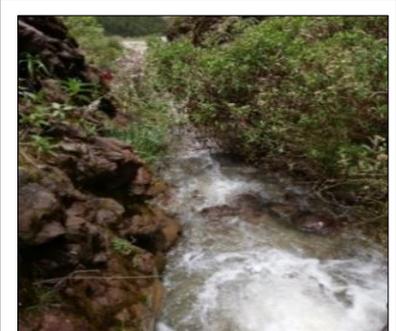
4.4.3. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 3

En el punto de muestreo 3 se identificaron 7 niveles de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 86 “Muy Buena” (Tabla 77, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los componentes: composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce y elementos de heterogeneidad, ya que la zona está poco impactada y alterada por acciones antrópicas; debido a que en la zona de evaluación se puede identificar arbustos en la ribera del río, el cual incrementa la calificación.

La dinámica fluvial es natural y sin alteraciones por encontrarse en una zona de pendiente pronunciada. La Tabla 54 describe la calificación obtenida.

Tabla 54: Índice de hábitat fluvial del punto 3 de la cuenca alta del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30 por ciento (10)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras >10 por ciento (5) Cantos y gravas >10 por ciento (5) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (rápido – profundo) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Sombreado con ventanas (10)	

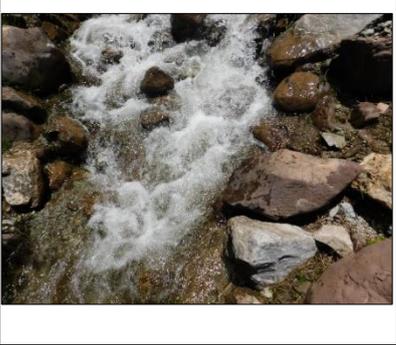
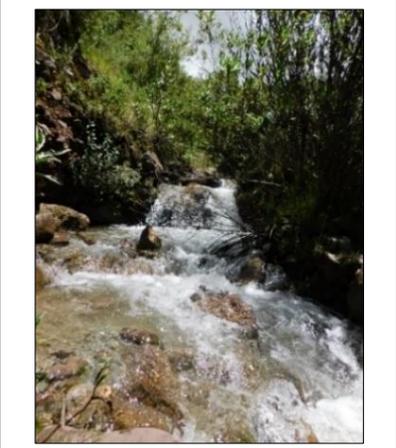
«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2) Presencia de troncos y ramas (2) Raíces expuestas (2) Diques naturales (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos 10-50 por ciento (10) Pecton 10-50 por ciento (10) Fanerógamas + charales 10 – 50 por ciento (10)	
TOTAL: 86 (Calificación: Muy buena)		

4.4.4. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 4

En el punto de muestreo 4 se identificaron 7 bloques o apartados de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 62 “Buena” (Tabla 78, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los bloques: inclusión rápidos, composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (infraestructura – rompedores de velocidad); la dinámica fluvial está alterada por desarrollo de infraestructura de canalización del río. La Tabla 55 detalla la calificación obtenida.

Tabla 55: Índice de Hábitat Fluvial del punto 4 de la cuenca media del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 por ciento (5)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras >10 por ciento (5) Cantos y gravas 1-10 por ciento (2) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 2 de las 4 (rápido – profundo, rápido - somero) (6)	
Porcentaje de sombra de cauce	Grandes claros (5)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca >10 ó <75 por ciento (4) Presencia de troncos y ramas (2) Raíces expuestas (2) Diques naturales (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecton <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 62 (Calificación: Buena)		

4.4.5. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 5

En el punto de muestreo 4 se identificaron 7 niveles de bloques o apartados para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 61 “Buena” (Tabla 79, del Anexo 3).

La variación en la calificación se muestra en los bloques: composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (infraestructura – gaviones de protección y canalización); la dinámica fluvial está alterada por desarrollo de infraestructura de canalización del río. La Tabla 56 detalla la calificación obtenida.

Tabla 56: Índice de Hábitat Fluvial del punto 5 de la cuenca media del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: Piedras, cantos, y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30 por ciento (10)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas >10 por ciento (5) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (rápido - somero) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Grandes claros (5)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2) Presencia de troncos y ramas (2) Raíces expuestas (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecten <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 61 (Calificación: Buena)		

4.4.6. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 6

En el punto de muestreo 6 se identificaron 7 bloques o apartados de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 51 “Buena” (Tabla 80, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los bloques: inclusión de rápidos, composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (canalización del río por la ciudad); la dinámica fluvial está alterada por desarrollo de infraestructura de canalización del río, en la salida de la ciudad. La Tabla 57 detalla la calificación obtenida.

Tabla 57: Índice de Hábitat Fluvial del punto 6 de la cuenca media del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 por ciento (5)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas 1-10 por ciento (2) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (rápido - somero) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Grandes claros (5)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2) Presencia de troncos y ramas (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecton <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 51 (Calificación: Buena)		

Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 7

En el punto de muestreo 7 se identificaron 7 bloques o apartados de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 53 “Buena” (Tabla 81, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los bloques: inclusión rápidos, composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (cambio de uso de suelo - cultivos).

La dinámica fluvial está alterada por el desarrollo agropecuario. La Tabla 58 detalla la calificación obtenida.

Tabla 58: Índice de Hábitat Fluvial del punto 7 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 por ciento (5)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas 1-10 por ciento (2) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (rápido - somero) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Grandes claros (5)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2) Presencia de troncos y ramas (2) Raíces expuestas (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecton <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 53 (Calificación: Buena)		

4.4.7. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 8

Se identificaron 7 niveles de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 47 “No llega a Buena” (Tabla 82, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los componentes: inclusión rápidos, composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (cambio de uso de suelo - cultivos).

La dinámica fluvial está alterada por el desarrollo de agricultura y ganadería. La Tabla 59 detalla la calificación obtenida.

Tabla 59: Índice de Hábitat Fluvial del punto 8 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 por ciento (5)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas 1-10 por ciento (2) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (lento - somero) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Expuesto (3)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecton <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 47 (Calificación: No llega a buena)		

4.4.8. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del punto de muestreo 9

En el punto de muestreo 9 se identificaron 7 bloques o apartados de calificación para calidad de ríos andinos, los cuales tuvieron una calificación de 45 “No llega a Buena” (Tabla 83, del Anexo 3).

La variación en la calificación se da en los bloques: inclusión rápidos, composición del sustrato, régimen de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, ya que la zona está impactada y alterada por acciones antrópicas (cambio de uso de suelo - cultivos).

La dinámica fluvial está alterada por el desarrollo de agricultura y ganadería. La Tabla 60 detalla la calificación obtenida.

Tabla 60: Índice de Hábitat Fluvial del punto 9 de la cuenca baja del río Ramuschaca

Criterio	Descripción	Fotografía
Inclusión rápidos – sedimentación pozas	Rápidos: piedras, cantos, y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión >60 por ciento (0)	
Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7 (10)	
Composición del sustrato	Bloques y piedras 1-10 por ciento (2) Cantos y gravas >10 por ciento (5) Arena 1-10 por ciento (2) Limo y arcilla 1-10 por ciento (2)	
Regímenes de velocidad/ profundidad	Solo 1 de las 4 (lento-profundo) (4)	
Porcentaje de sombra de cauce	Expuesto (3)	

«Continuación»		
Criterio	Descripción	Fotografía
Elementos de heterogeneidad	Hojarasca <10 ó >75 por ciento (2)	
Cobertura de vegetación acuática	Plocon + briofitos <10 ó >50 por ciento (5) Pecten <10 ó >50 por ciento (5) Fanerógamas + charales <10 ó >50 por ciento (5)	
TOTAL: 45 (Calificación: No llega a buena)		

4.4.9. Índice de Hábitat Fluvial (IHF) del río Ramuschaca

El Índice de Hábitat Fluvial (IHF) tiene una variación en la calificación desde la parte alta de la cuenca hasta la baja; en el punto 3 la calificación es 86 (calificación más alta), debido a que, en la zona existe un hábitat fluvial adecuado, conforme se evalúa los diferentes puntos de evaluación la calificación varía teniendo una tendencia positiva en la cuenta alta y media y una tendencia negativa en la cuenca baja.

En la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3) se tiene una calidad de “Muy buena”, dado que, no existen actividades antrópicas que estén alterando el curso natural y las características del río Ramuschaca, ni los elementos que conforman la cobertura vegetal, por lo cual, es adecuada. En los puntos de evaluación 4, 5 y 6 (cuenca media), la calidad es “Buena” en vista que, existe alteración del curso fluvial por la instalación de obras hidráulicas en el cauce del río ante aluviones que modificaron la estructura natural del curso fluvial (IMA 2013).

La modificación del curso fluvial no alteró las características físicas y biológicas del río, pero sí el índice que evalúa la naturalidad del río. En la cuenca baja (punto 7), la calidad es “Buena”, debido a que, existe poca afectación por actividades antrópicas, el río no tiene una alteración significativa para el desarrollo biológico; finalmente, en los puntos de evaluación

8 y 9 la calidad “No llega a buena”, debido a que las actividades de agricultura y ganadería modificaron el curso natural del cauce fluvial.

Los puntos de evaluación que tienen una calidad de “Buena”, se debe a que no existe una afectación significativa del curso fluvial, porque las modificaciones se dieron por infraestructura hidráulica y actividades económicas agropecuarias. Por otro lado, en la cuenca baja (puntos 7, 8 y 9) la calidad decae, porque la zona es netamente agrícola y ganadera, modificando el curso del río para riego, por la canalización existente, incorporación de materia orgánica y nutrientes proveniente de estas actividades; por lo cual, estas actividades generan que el río modifique su régimen de velocidad y la composición del sustrato (Figura 35, del Anexo 5). La calificación se describe en la Tabla 61.

Tabla 61: Índice de Hábitat Fluvial del río Ramuschaca

Evaluación del hábitat fluvial		Cuenca alta			Cuenca media			Cuenca baja		
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
1	Inclusión rápidos-sedimentos pozas	10	10	10	5	10	5	5	5	0
2	Frecuencia de rápidos	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	Composición de sustrato	14	11	14	11	11	8	8	8	11
4	Regímenes de velocidad/profundidad	6	6	4	6	4	4	4	4	4
5	Porcentaje de sombra en el cauce	3	5	10	5	5	5	5	3	3
6	Elementos heterogeneidad	8	8	8	10	6	4	6	2	2
7	Cobertura de vegetación acuática	30	30	30	15	15	15	15	15	15
Total		81	80	86	62	61	51	53	47	45
Calificación		Muy buena	Muy buena	Muy buena	Buena	Buena	Buena	Buena	No llega a buena	No llega a buena

Los resultados del presente estudio evidencian valores del IHF > 40 en la cuenca del río Ramuschaca tiene, en la cual se desarrollan comunidades de macroinvertebrados. La investigación de Acosta *et al.* (2009) concluyen que valores del IHF < 40, evidencia serias limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de una comunidad de macroinvertebrados.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran valores desiguales debido a que la intervención antrópica varía según la altitud. Encalada (2011) mencionan que los valores del IHF fueron significativamente mayores en los ríos manejados (gestionados) y bajos en los ríos sin manejo (sin gestión).

En la cuenca del río Ramuschaca, existe una disminución de la calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) conforme se disminuye de altitud. Esta afirmación concuerda con lo señalado por Salcedo *et al.* (2013), en el cual, los valores IHF mostraron altos valores en la zona alta, disminuyendo la calificación para la zona media y baja.

El sustrato de piedra y canto rodado tuvo más taxones de macroinvertebrados colectados en comparación con otros sustratos (hojarasca, vegetación de ribera y limo.), siendo mayor en la cuenca alta y media en comparación con la cuenca baja; asimismo, el sustrato de arena (cuenca baja) alberga poca riqueza de especies, pero una alta abundancia. Salcedo *et al.* (2013) evidenciaron esta característica en su trabajo de investigación, en el cual existe una mayor riqueza de familias en sustrato de piedra.

El IHF influye en la presencia o ausencia de los distintos grupos de macroinvertebrados, debido a que, en algunos casos, la baja riqueza de familias de macroinvertebrados no está determinada por algún tipo de impacto antrópico sino por una limitación de hábitat. Resultados similares obtuvieron Acosta *et al.* (2014) mencionando que, una baja riqueza de familias de macroinvertebrados no está determinada por algún tipo de impacto antrópico sino por una limitación de hábitat determinada.

La cuenca de Ramuschaca no cuenta con manejo o gestión de cuenca, evidenciado en la calidad del IHF de “Muy buena”, “Bueno” y “No llega a bueno” según disminuye la altitud, por el impacto de actividades antrópicas en la cuenca. Gamarra *et al.* (2016) determinaron que el IHF es de calidad “Buena”, teniendo en consideración que el trabajo de investigación se realizó al interior de una Área Natural Protegida.

Los puntos de evaluación de la cuenca alta del río Ramuschaca presentan valores > 70 ; por otro lado, las estaciones alteradas presentaron valores despreciables, con baja heterogeneidad para las comunidades acuáticas. Es interesante observar que en el trabajo de Galeano-Rendon *et al.* (2016), la pérdida de vegetación riparia genera erosión,

sedimentación y lixiviación de partículas de la tierra a la corriente del río, reduciendo la calidad de los sustratos, asemejando a los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.5. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO RAMUSCHACA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Según la normativa nacional y los estándares de calidad para agua determinados por el Ministerio del Ambiente, la cuenca del río Ramuschaca es de Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA).

Los resultados muestran que en los puntos 1, 2, 3 y 4 la calidad es “Excelente”, debido a que, la zona tiene poca la intervención antrópica y los parámetros como: temperatura, pH, conductividad, OD, STD, coliformes termotolerantes no sobrepasan los ECA (Tablas 84 al 87, del Anexo 4).

Para el punto de evaluación 5 se determinó un Índice de Calidad “Bueno”, para los parámetros: temperatura, pH, conductividad, OD y STD, ubicado dentro de los estándares de calidad para agua. Referente al parámetro coliformes termotolerantes, los resultados sobrepasan los estándares de calidad, disminuyendo la calificación para este punto de evaluación (Tabla 88, del Anexo 4).

Concerniente al punto de evaluación 6, el Índice de Calidad es “Regular”, para los parámetros: temperatura, pH, conductividad, OD y STD, los cuales se encuentran dentro de los estándares de calidad para agua. El parámetro coliformes termotolerantes excede el nivel de calidad ambiental para agua, lo cual disminuye la calificación para este punto de evaluación (Tabla 89, del Anexo 4).

El punto de evaluación 7 tiene un ICA “Excelente” para los parámetros temperatura, pH, conductividad, OD y STD. Para el parámetro coliformes termotolerantes, el valor sobrepasa el estándar de calidad para agua; sin embargo, no afecta de manera significativa la calificación del Índice de Calidad de Agua (Tabla 90, del Anexo 4).

Finalmente, para los puntos 8 y 9 el ICA es “Regular”, debido a que los valores sobrepasan el estándar de calidad para agua. Referente a coliformes termotolerantes, temperatura, pH, conductividad, OD y STD los resultados no sobrepasan los estándares de calidad para agua,

debido a que, en esos puntos de evaluación, la alteración de la calidad del agua se da por actividades agropecuarias (Tablas 91 y 92, del Anexo 4).

La temperatura se encuentra en rangos de 8° a 13°C teniendo un aumento progresivo conforme desciende la altitud, debido a que estos rangos de temperatura son característicos de ecosistemas de montaña. El pH muestra el nivel de actividad de los iones de hidrógeno en el río, superando el valor 7 (aguas alcalinas o básicas); el cual es apto para el desarrollo ecosistémico de una cuenca (ECA-Agua). Asimismo, el pH de la cuenca del río Ramuschaca es de 7,53.

La conductividad del río tiene un incremento de valor desde el punto 1 (197,9 uS/cm) hasta el 9 (1981 uS/cm) y que se relaciona directamente con los Sólidos Totales Disueltos y los Coliformes termotolerantes. Asimismo, la cuenca alta y media tiene una pendiente $> 30^\circ$ y en la parte baja $< 20^\circ$, evidenciando que, en zonas donde se tiene mayor conductividad, existe mayor concentración de electrolitos.

El OD en los puntos de evaluación son mayores a 4, el cual determina la existencia de actividad de macroinvertebrados en el río, esencial para el desarrollo biológico en el río, no superando los valores establecidos en el ECA-agua.

Los sólidos totales disueltos están relacionados con el ingreso de materia orgánica al río y en comparación con los puntos de evaluación, el punto 1 tiene un valor de 100,1 ppm y el punto 9 valores de 990,8 ppm, este aumento se debe al impacto de actividades antrópicas en la cuenca (principalmente las agropecuarias) que influyen en la valoración final, teniendo una relación directa con la Conductividad.

Los coliformes termotolerantes son casi nulos en los puntos 1 al 4, mientras que en los puntos 5 al 9 superan los valores de calidad para agua, debido a que en estos puntos son evidentes las actividades antrópicas, existiendo contaminación del río (Figura 36, del Anexo 4), teniendo una relación directa con la Conductividad.

Finalmente se pudo identificar que la Conductividad tiene una relación indirecta con la cobertura vegetal, ya que, a menor conductividad se tendrá mayor cobertura vegetal y a mayor conductividad se tendrá menor menor cobertura vegetal. En la Tabla 62 se detalla el Índice de Calidad de Agua (ICA) obtenido.

Tabla 62: Índice de Calidad de Agua (ICA) de la cuenca del río Ramuschaca

Parámetros evaluados			ECA	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
Físico-Químicos	Temperatura	°C	> 3	8	8,5	9	9,5	9	9	9,5	11,5	13
	pH	-.-	6,5 - 8,5	7,44	7,24	7,17	7,51	7,67	7,61	7,7	7,79	7,67
	Conductividad	uS/cm	2500	197,9	246,7	432,1	500,1	549,5	638,2	666	922,6	1981
	OD	mg/L	≥4	7,45	6,89	6,85	6,75	6,56	8,11	7,47	6,95	5,4
	Sólidos totales disueltos	ppm	1000	100,1	132,3	213,5	250	276,8	320,5	333	461	990,8
Micro - Biológico	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	6.8	11	23	27	1300	3300	1100	7900	4900
Datos	Número de parámetros que no cumplen			0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Número de parámetros a evaluar			6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Número de datos que no cumplen ECA			0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Número total de datos			6	6	6	6	6	6	6	6	6
ICA			F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
			F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
			F3	0,00	0,00	0,00	0,00	23,08	69,70	9,09	87,34	79,59
			ICA	100,00	100,00	100,00	100,00	86,68	59,76	94,75	49,57	54,05
				Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	Regular	Excelente	Regular	Regular

Leyenda:

	No cumple con el ECA-Agua
	Cumple con el ECA-Agua

En el presente trabajo se determinó que la caracterización fisicoquímica de un cuerpo acuático debe ser evaluado en las etapas de campo y de laboratorio para lograr un análisis mucho más certero. Acosta *et al.* (2014) coinciden con realizar análisis y evaluación de campo y de laboratorio para generar un resultado mucho más eficaz.

El impacto por actividades antropogénicas, genera el aumento de la conductividad en los ríos, lo cual genera una mayor concentración de coliformes termotolerantes. Ordoñez (2011) coincide con esta afirmación, al identificar mayor concentración de coliformes termotolerantes con el aumento de la conductividad.

En el presente trabajo de investigación, se estableció un aumento de la conductividad conforme desciende la altitud de la cuenca alta a la baja, debido a la afectación a la cobertura vegetal riparia. Dicha afirmación coincide con lo descrito por Ordoñez (2011), que indica que, a mayor cobertura vegetal en una zona riparia, existe menor conductividad en los ríos.

En el presente estudio, los puntos de evaluación menos alterados por actividad antrópica son los que conservan menor temperatura. En la misma línea, Encalada (2011) mencionan que la temperatura del agua en un río que tiene algún manejo de cuenca, es mayor a un río que no tiene un manejo de cuenca, asimismo, los valores de oxígeno del agua presentes en el río de una cuenca sin manejo no son tan elevados en comparación al río de una cuenca que tiene manejo.

El agua del río Ramuschaca el pH es alcalino (7,17 a 7,79) debido principalmente al tipo de formación geológica (calizas) y a que en estas zonas se desarrollan actividades antropogénicas, que no son determinantes para alterar significativamente la estructura física del río, de igual manera el Oxígeno Disuelto se encuentra dentro de los estándares de calidad para agua. Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Salcedo *et al.* (2013), que mencionan que, la diferencia de pH podría deberse a la contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos domésticos, como por productos agrícolas introducidos al medio acuático en la parte media y baja de una cuenca. Por otro lado, la variación de temperatura está ligada directamente a los diferentes pisos altitudes; asimismo, la abundante vegetación ribereña de la cuenca alta proporciona mayor sombra al río, impidiendo que la temperatura aumente. Finalmente, la variación del Oxígeno Disuelto se debería a la mayor concentración de nitratos y sales solubles totales que disminuyen el oxígeno del agua en sus procesos químicos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo mencionado por Salcedo *et al.* (2013), evidenciando que la conductividad está relacionada con los Sólidos Totales Disueltos. Por lo tanto, un aumento de conductividad genera un aumento y concentración de Sólidos Totales Disueltos.

Un aumento de la conductividad en la cuenca baja, disminuye significativamente la riqueza de taxones de macroinvertebrados, es por ello que, la familia *Chironómidos* se identificó en todos los puntos de evaluación, favorecida por el aumento de partículas en suspensión, coincidiendo con un aumento de áreas ribereñas desprotegidas y sin vegetación original, lo cual coincide con lo señalado por Salcedo *et al.* (2013).

Los puntos de evaluación con algún nivel de alteración en el río Ramuschaca presentaron menores rangos de temperatura y mayores valores de pH; debido a que, los mayores valores de pH están asociados con la descarga de aguas residuales, insecticidas y fertilizantes, usados en actividades agrícolas y ganaderas (materia orgánica). Dichos resultados se asemejan a lo descrito por Galeano-Rendón *et al.* (2017) en su trabajo de investigación, en el cual señalan que, los mayores valores de pH se encuentran en zonas con algún tipo de actividad antrópica.

En el río Ramuschaca la temperatura del agua aumenta con la disminución de la altitud; asimismo, los valores de pH son ligeramente alcalinos y el Oxígeno Disuelto disminuye. Por otro lado, el incremento de materia orgánica, origina mayor cantidad de microorganismos de descomposición, lo que genera la reducción de Oxígeno Disuelto en el agua. Estos resultados coinciden con lo descrito por Alomía *et al.* (2017), en el cual evidencian que los mayores valores de temperatura y disminución de Oxígeno Disuelto en zonas con actividades antrópicas.

4.6. EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA RIBEREÑA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMUSCHACA, FRENTE A ACTIVIDADES ANTRÓPICAS QUE SE REALIZAN EN EL CAUCE DEL RÍO

4.6.1. Resultados del análisis cluster

Del análisis cluster del índice de Morisita, al realizar un punto de corte, muestra la formación de 3 ramificaciones (grupos), las cuales estadísticamente no son significativas, es decir no tienen diferencia, ya que la similaridad es > 0.950 (cercano a 1).

Los puntos 1, 2 y 3 (cuenca alta) presentan una similitud total concerniente a la integridad, debido a que en la zona existe muy poca intervención antrópica y la calidad obtenida por todas las variables estudiadas es óptima.

Los puntos 4 y 5 (cuenca media) presentan características similares, debido a que la zona tiene una alta capacidad resiliente y de adaptación a pesar de la instalación de infraestructura hidráulica que supondría una afectación a la integridad de la zona.

Los puntos 6 al 9 (cuenca media y baja) muestran similitud, las cuales están asociadas a las actividades antrópicas propias de la cuenca, como agropecuarias y de comercio. Asimismo, la cuenca alta, en relación a la media y baja, tiene una mejor capacidad de resiliencia que permite una mejor adaptación a posibles impactos. El análisis se muestra en la Figura 15.

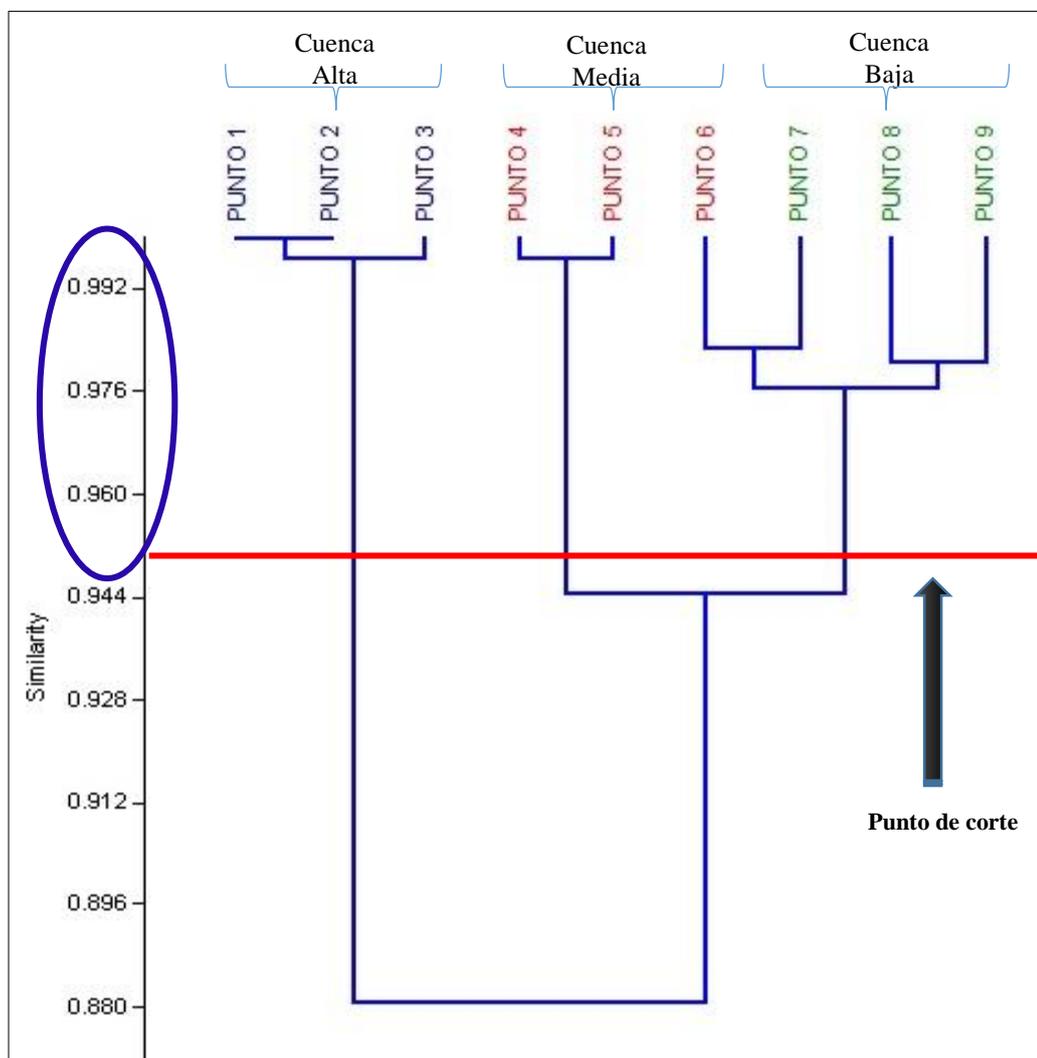


Figura 15: Análisis multivariado cluster (similitud agrupamiento - Morisita) de la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca

4.6.2. Análisis de Componentes Principales - PCA

El análisis multivariable (estadístico) de los Componentes Principales (PCA) de la cuenca del río Ramuschaca, se detalla en la Tabla 63.

Tabla 63: Componentes Principales (PCA) de la cuenca del río Ramuschaca

Eje	<i>Eigenvalue</i> (Valor propio)	Porcentaje de varianza	Cum porcentaje de varianza
1	3,046	76,152	76,152
2	0,784	19,607	95,759
3	0,149	3,727	99,486
4	0,021	0,514	100,00
PCA ie	61,97424925		

El resultado del PCA-ie (Análisis de Componentes Principales de Integridad Ecológica) producto de la integración de las cuatro variables (QBR-And, ABI, IHF, ICA) fue de 61,97 de un rango de valor que va de 0 a 100 y tomando como referencia la escala de valores del Índice Biótico Andino (ABI) de Acosta debido a que es un índice más general y que responde no solo a contaminantes e impactos, sino también a modificación del hábitat, se estimó una calidad de “Bueno”, en la cuenca del río Ramuschaca, tal como se describe en la Tabla 64.

Tabla 64: Integridad ecológica mediante el uso del Índice Biótico Andino para Perú

Calidad	Índice Biótico Andino (ABI)	Color de alarma
Muy bueno	> 74	Celeste
Bueno	45 - 74 (61,97)	Verde
Regular	27 - 44	Amarillo
Malo	< 26	Naranja

FUENTE: Acosta *et al.* (2009)

Por otro lado, el análisis del PCA muestra que en el primer eje considera un 76,15 por ciento de la variación de la diferencia de los datos de las variables evaluadas, y posee un *eigenvalor* >1, por lo cual, representa el estado ecológico más alta por tener la mayor varianza.

El segundo eje explica el 19,60 por ciento de la variación de la diferencia de los datos, el cual sumado el eje 1, representan el 95,759 por ciento, el cual nos da la confiabilidad de analizar y evaluar la integridad ecológica a través de 2 ejes. El tercer y el cuarto eje representan los valores más bajos de los componentes principales, siendo despreciables.

Finalmente, la correlación entre las variables, teniendo en cuenta la orientación de los componentes, se muestra en la Figura 16.

Análisis de Componentes Principales – (PCA) de la integridad ecológica en la cuenca del río Ramuschaca

Leyenda:

Axis 1: componente 1	
Axis 2: componente 2	
Cuenca alta	: Puntos 1, 2, 3
Cuenca media	: Puntos 4, 5, 6
Cuenca baja	: Puntos 7, 8, 9

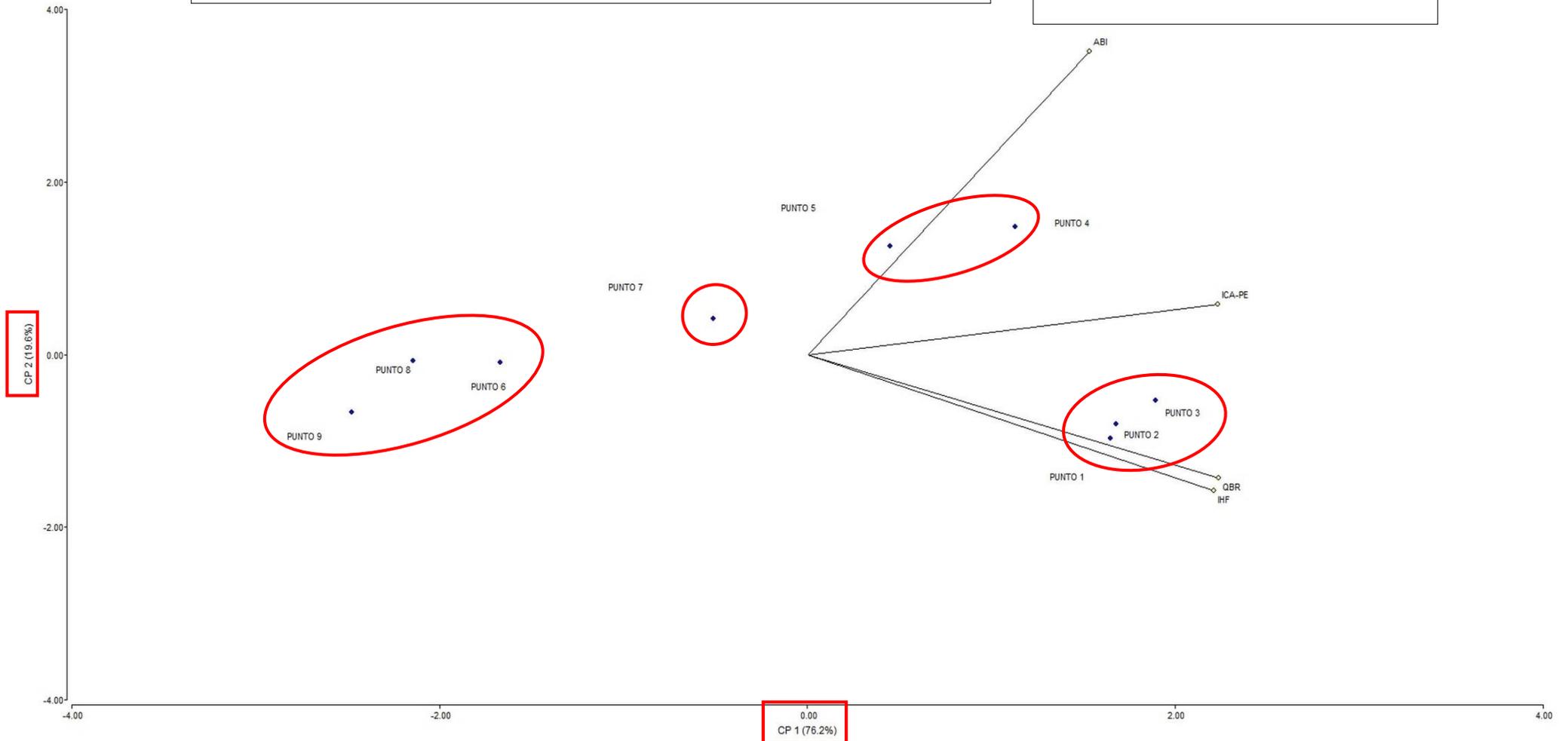


Figura 16: Análisis de Componentes Principales (PCA) de la integridad ecológica

El resultado muestra la distribución de los puntos de evaluación de acuerdo a la integridad ecológica y su relación con las variables (QBR-and, IHF, ABI e ICA). Se observa un agrupamiento de la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3), en relación al QBR-and e IHF (Figuras 39 al 41, del Anexo 6), por la calificación obtenida en estos puntos para estas variables.

En relación a la cuenca media (puntos 4 y 5), la integridad ecológica se relaciona al Índice Biótico Andino (Figuras 42 y 43, del Anexo 6), por la calificación obtenida en estos puntos para esta variable.

En la cuenca media (punto 6) y cuenca baja (Puntos 8 y 9) no se asocia a ninguna variable de la integridad ecológica, teniendo en cuenta que en estos puntos se obtuvieron la menor calificación de calidad para estas variables. (Figuras 44 al 47, del Anexo 6).

El punto 7 (cuenca baja) es considerada como una zona de transición debido a que, la variación de la distribución del río no está siendo influenciada directamente por actividades antrópicas, lo cual se evidencia en la calificación de las variables utilizadas para determinar la integridad ecológica.

Las mejores condiciones de integridad ecológica están en la cuenca alta (puntos 1, 2 y 3), seguidos por la cuenca media (puntos 4 y 5) donde se encontró la mayor diversidad de familias con mayor puntuación ABI (18 y 17 familias identificadas).

El valor de la integridad ecológica de “Bueno” en la cuenca de Ramuschaca, evidencia que las actividades antrópicas no son significativos, a pesar de la intervención antrópica como: obras hidráulicas en el cauce del río y actividades agropecuarias; asimismo, existe una capacidad de resiliencia de la cuenca ya que, los macroinvertebrados responden a la variación de las condiciones de calidad de ribera, hábitat y físico-químicas del agua.

La cuenca alta tiene buen estado de conservación, la vegetación se mantiene y la actividad antrópica es mínima, en la cuenca media el estado de conservación disminuye, debido a que el cauce del río fue modificado por infraestructura hidráulica, en el punto 6 se ubica el centro poblado de Zurite donde los impactos antrópicos son constantes. Finalmente, la cuenca baja, no tiene un estado de conservación adecuado, a consecuencia de la canalización del río y que las actividades antrópicas como: ganadería, agricultura y otros, son intensas.

4.6.3. Resultados del Análisis de Correspondencia Desintegrado - DCA

a. Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) de macroinvertebrados

Se correlacionaron el Índice Biótico Andino (ABI) de las familias de macroinvertebrados en relación a los nueve puntos de evaluación; en la cual, se aprecian 2 grupos, uno formado por los puntos 1 al 5 que agrupan las familias de macroinvertebrados con mayor calificación de ABI y el segundo grupo que considera los puntos 6 al 9 que agrupa familias con menor calificación ABI, así como familias que fueron identificadas en ambos grupos.

Asimismo, realizado un punto de corte se aprecia que el lado izquierdo agrupa la mayor calidad de familias de macroinvertebrados y el lado derecho la menor calidad, debido a la dispersión que tienen al *axis*, tal como se muestra en la Figura 17.

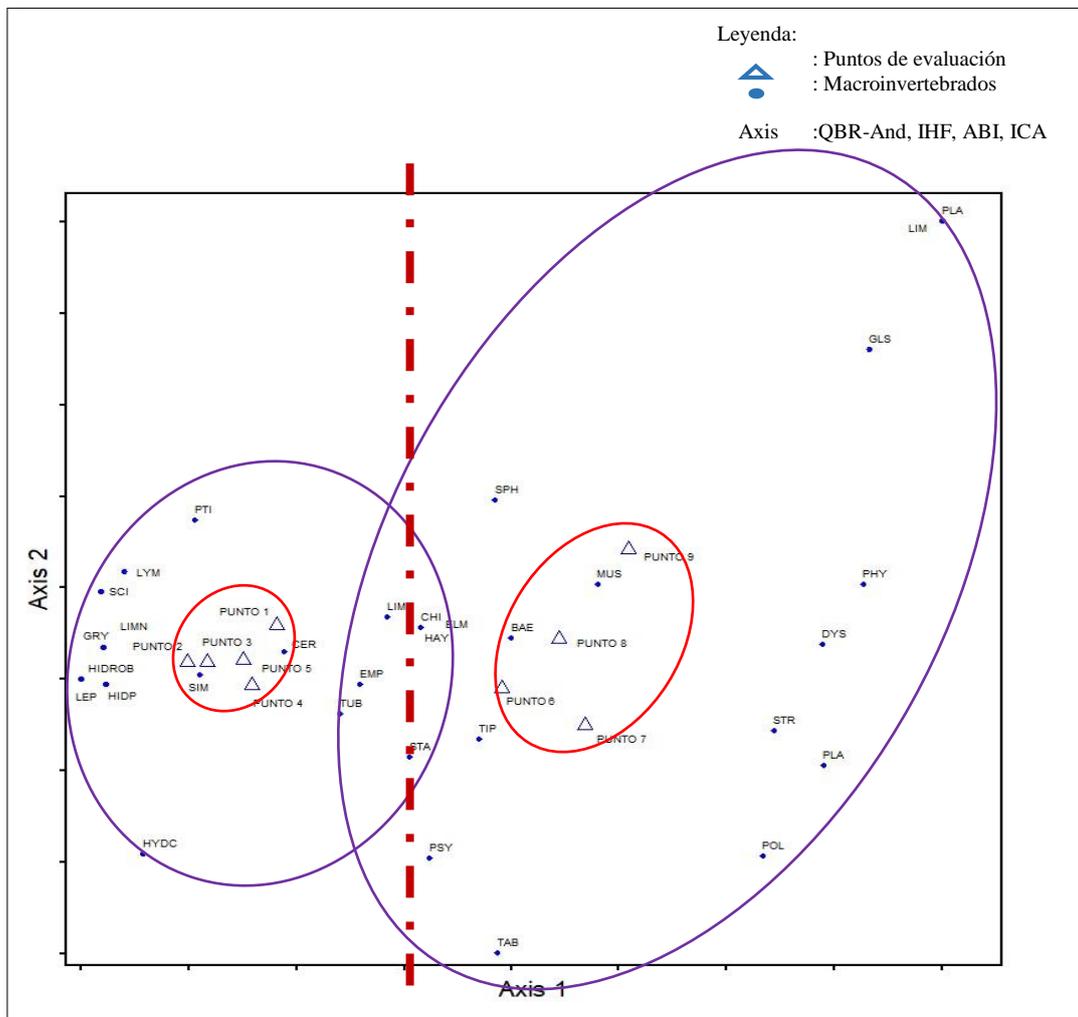


Figura 17: Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) del Índice Biótico Andino (ABI) de la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca

b. Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) del Índice Biótico Andino (ABI) y Calidad de Vegetación de Ribera andino (QBR-And)

El Análisis de Correspondencia Desintegrado evidencia una relación directa de macroinvertebrados con mayor calificación ABI en relación a mayores valores de Calidad de Vegetación de Ribera Andino en los 9 puntos de evaluación.

Al realizar un punto de corte en el eje 1, se puede observar que al lado izquierdo agrupa los puntos de evaluación 1 al 5, los cuales considera la mayor calificación de ABI de macroinvertebrados en relación al QBR-And; dado que, en estos puntos los impactos antrópicos no son significativos, debido a que las familias de macroinvertebrados con puntajes altos del Índice Biótico Andino (ABI) se encuentren en estos puntos de evaluación, implicando un adecuado hábitat para el desarrollo de esta taxa biológica.

Referente a los puntos de evaluación 6 al 9 la calificación de ABI de macroinvertebrados en relación al QBR-And, es dispersa, debido a que los impactos antrópicos son significativos por la afectación a la cobertura vegetal riparia por diferentes actividades que se realizan en la cuenca, como son las agropecuarias, comerciales.

Asimismo, los 9 puntos de evaluación están interpretados en triángulos distribuidos en los ejes 1 y 2, los cuales indican tres niveles de análisis, los cuales se interpretan por tamaño, color y dirección de estos, explicando un mayor detalle en la lectura de la correspondencia en ambas variables en la cual, los puntos 1 al 3 representan la mejor calidad riparia para la cuenca de Ramuschaca.

Por otro lado, el índice de correlación entre las variables para el eje 1 es de $r = -0,882$, y al ser un valor cercano a 1, existe una mayor relación entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And).

Finalmente, al tener un valor negativo, existe una proporcionalidad inversa de dependencia entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And), por lo cual, la calidad de estas variables de correspondencia, disminuye conforme desciende la altitud, tal como se muestra en la Figura 18.

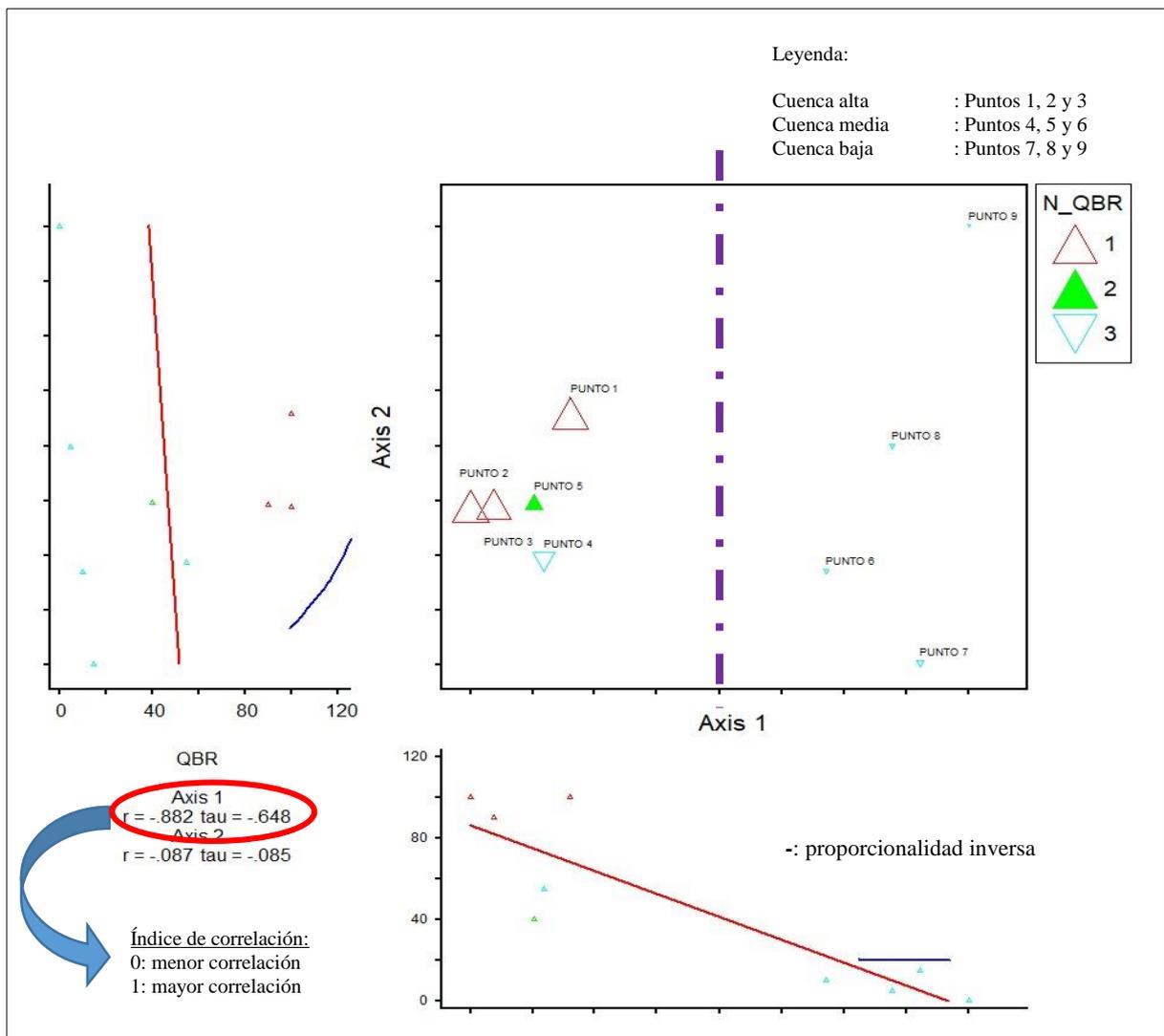


Figura 18: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de calidad de vegetación de Ribera Andino (QBR-And)

c. Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) del Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El Análisis de Correspondencia Desintegrado evidencia una relación directa de macroinvertebrados con mayor calificación ABI en relación a mayores valores IFH.

Al realizar un punto de corte en el eje 1, se puede observar que al lado izquierdo agrupa los puntos de evaluación 1 al 5, los cuales considera la mayor calificación de ABI en relación al IFH; dado que, en estos puntos los impactos antrópicos no son significativos, debido a que las familias de macroinvertebrados con puntajes altos del ABI se encuentren en estos puntos de evaluación, implicando un adecuado hábitat para el desarrollo de esta taxa biológica.

Referente a los puntos de evaluación 6 al 9 la calificación de ABI en relación al IHF es dispersa, debido a que los impactos antrópicos son significativos por la afectación del curso fluvial por las actividades que se realizan en la cuenca (agropecuarias, comerciales, etc.). Por otro lado, el índice de correlación entre las variables para el eje 1 es de $r = -0,858$, y al ser un valor cercano a 1, existe una mayor relación entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Índice de Hábitat Fluvial.

Finalmente, al tener un valor negativo, existe una proporcionalidad inversa de dependencia entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Índice de Hábitat Fluvial (IHF), por lo cual, la calidad de estas variables de correspondencia, disminuye conforme desciende la altitud, tal como se muestra en la Figura 19.

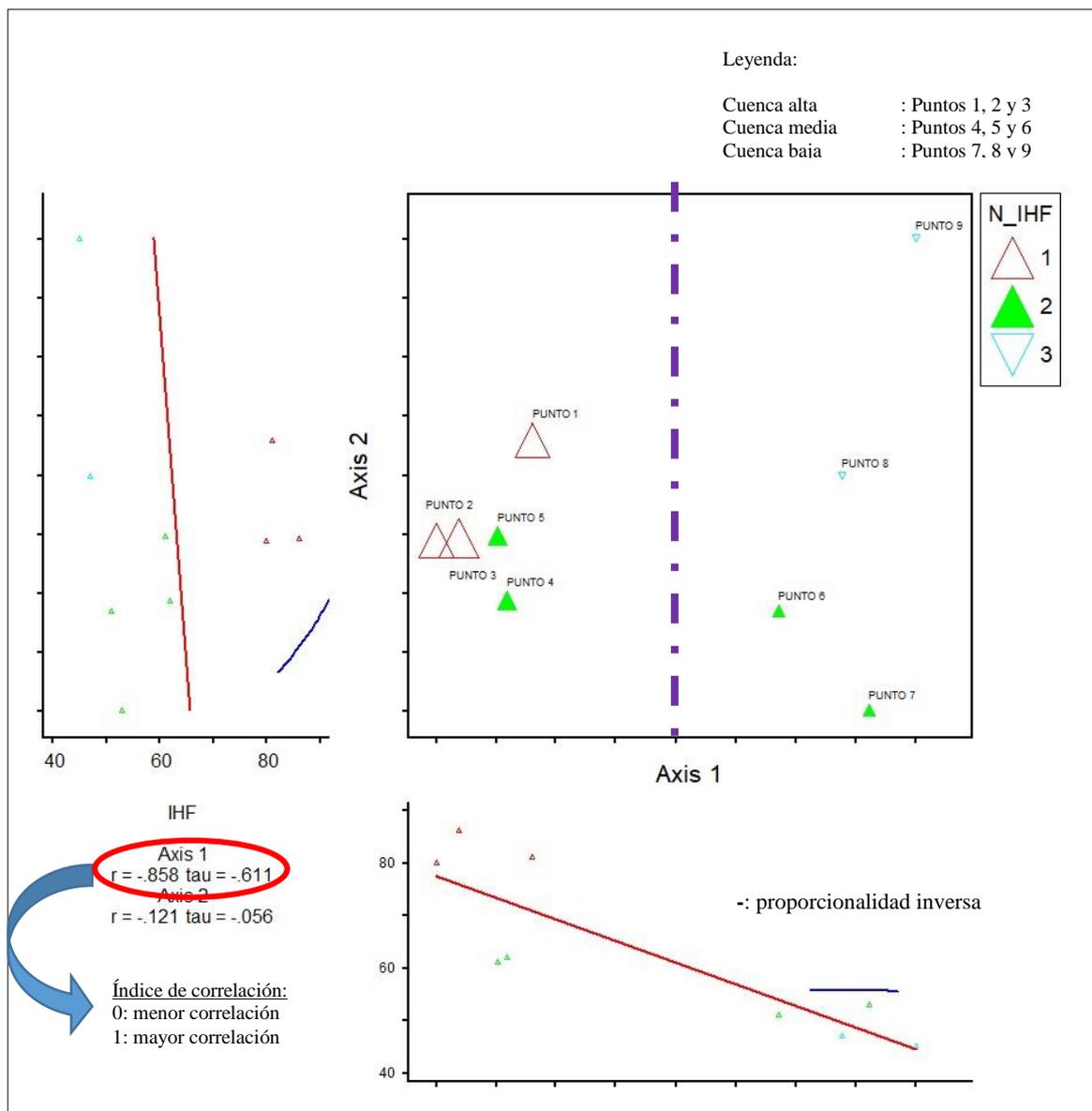


Figura 19: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

d. Análisis de Correspondencia Desintegrado (DCA) del Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice de Calidad de Agua (ICA)

El Análisis de Correspondencia Desintegrado evidencia una relación directa de macroinvertebrados con mayor calificación ABI en relación a mayores valores de Calidad de Agua (ICA) en los 9 puntos de evaluación.

Al realizar un punto de corte en el eje 1, se puede observar que al lado izquierdo agrupa los puntos de evaluación 1 al 5, los cuales considera la mayor calificación de ABI de macroinvertebrados en relación a la Calidad de Agua (ICA); dado que, en estos puntos los impactos antrópicos no son significativos, debido a que las familias de macroinvertebrados con puntajes altos del Índice Biótico Andino (ABI) se encuentren en estos puntos de evaluación, implicando un adecuado hábitat para el desarrollo de esta taxa biológica.

Referente a los puntos de evaluación 6 al 9 la calificación de ABI de macroinvertebrados en relación a la Calidad de Agua (ICA), es dispersa, debido a que los impactos antrópicos son significativos por la contaminación del río por diferentes actividades que se realizan en la cuenca, como son las agropecuarias, comerciales.

Asimismo, los 9 puntos de evaluación están interpretados en triángulos distribuidos en los ejes 1 y 2, los cuales indican tres niveles de análisis, los cuales se interpretan por tamaño, color y dirección de estos, explicando un mayor detalle en la lectura de la correspondencia en ambas variables, en la cual el punto 7 es considerado una zona de transición entre la cuenca media y la baja, debido a que la calidad fisicoquímica no supera los estándares ambiental del ECA, así como la calificación ABI de macroinvertebrados son óptimas a pesar de superar los valores para coliformes termotolerantes.

Por otro lado, el índice de correlación entre las variables para el eje 1 es de $r = -0,767$, y al ser un valor cercano a 1, existe una mayor relación entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Calidad de Agua (ICA).

Finalmente, al tener un valor negativo, existe una proporcionalidad inversa de dependencia entre la variable dependiente Índice Biótico Andino (ABI) y la variable independiente Calidad de Agua (ICA), por lo cual, la calidad de estas variables de correspondencia, disminuye conforme desciende la altitud, tal como se muestra en la Figura 20.

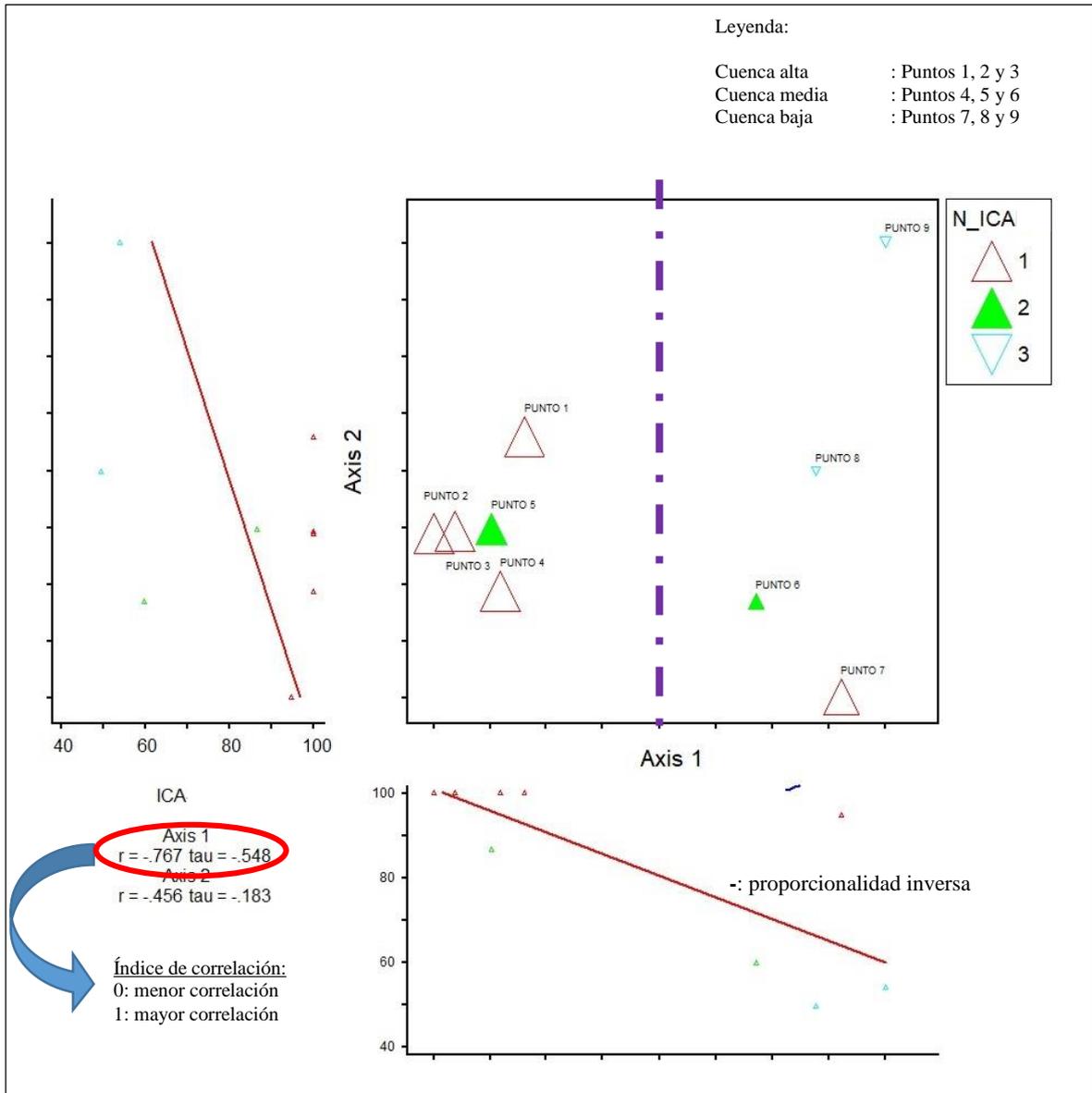


Figura 20: Relación del Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice de Calidad de Agua (ICA)

4.6.4. Integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca

La calificación de las variables biológicas y ambientales como son: Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And), Índice Biótico Andino (ABI), Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Agua (ICA), utilizados como atributos ecológicos clave (AEC) para obtener la integridad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca, se detallan en la Tabla 65.

Tabla 65: Calificación de los parámetros evaluados para la integridad ecológica

Parámetro Cuenca		Calidad ecológica	Calidad de Vegetación de Ribera (QBR-And)	Índice Biótico Andino (ABI)	Índice de Hábitat Fluvial (IHF)	Índice de Calidad de Agua (ICA)	Integridad ecológica
Alta	Punto 1	Bueno	Bueno (75-90)	Bueno (45-74)	Muy buena (71-100)	Excelente (90-100)	Bueno (45-74)
	Punto 2	Bueno	Bueno (75-90)	Bueno (45-74)	Muy buena (71-100)	Excelente (90-100)	
	Punto 3	Bueno	Bueno (75-90)	Bueno (45-74)	Muy buena (71-100)	Excelente (90-100)	
Media	Punto 4	Bueno	Moderado (55-70)	Muy bueno (> 74)	Buena (51-70)	Excelente (90-100)	
	Punto 5	Regular	Deficiente (30-50)	Muy bueno (> 74)	Buena (51-70)	Bueno (75-89)	
	Punto 6	Malo	Malo (0-25)	Bueno (45-74)	Buena (51-70)	Regular (45-74)	
Baja	Punto 7	Malo	Malo (0-25)	Bueno (45-74)	Buena (51-70)	Excelente (90-100)	
	Punto 8	Malo	Malo (0-25)	Bueno (45-74)	No llega a buena (< 50)	Regular (45-74)	
	Punto 9	Pésimo	Malo (0-25)	Regular (27-44)	No llega a buena (< 50)	Regular (45-74)	

El Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) y el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) están estrechamente relacionados, mientras más altos son los valores de los índices, se tendrá una adecuada integridad ecológica a pesar de perturbaciones antrópicas como la instalación de infraestructura hidráulica, actividades agropecuarias, etc., en el cauce del río. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Acosta *et al.* (2009).

El impacto antrópico afecta la integridad ecológica, provocando cambios en el curso fluvial y la morfología del cauce del río, la erosión afecta la estructura de la composición de la vegetación y las propiedades fisicoquímicas del suelo, lo cual disminuye la calificación de la integridad. Dicha afirmación coincide con lo mencionado por Ordoñez (2011), en el cual, la susceptibilidad al cambio de uso de suelo afecta a la distribución de los macroinvertebrados.

Una cuenca con una adecuada gestión y manejo, tienen una mayor integridad ecológica, debido a que una mala calidad de la ribera produce el incremento de la temperatura y limita el hábitat de las especies de igual manera. Asimismo, las estrategias de manejo de cuenca, contribuyen a mantener el río en mejores condiciones, dado que los ecosistemas acuáticos poseen resiliencia ante contaminantes si no tienen alteraciones severas. Dicho análisis es concordante con lo señalado por Encalada (2011) aludiendo que, las estrategias de recuperación de la cobertura vegetal en la parte alta de la cuenca generan la recuperación adecuada de la integridad ecológica.

En la cuenca del río Ramuschaca la disminución de los valores de la Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) y del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) se debe a que existe impactos antrópicos conforme disminuye la altitud de la parte alta a la baja, por el cambio de uso de suelo, residuos sólidos, agricultura, ganadería, etc. Estos resultados se asemejan a lo descrito por Salcedo *et al.* (2013), afirmando que la afectación a la integridad ecológica en una cuenca se debe a la existencia de disturbios antrópicos en la parte media y baja, tales como la deforestación, la presencia de monocultivos, el arrojamiento de residuos sólidos, desagües y la presencia de pastizales adyacentes.

V. CONCLUSIONES

1. Se estableció la calidad ecológica de la cuenca del río Ramuschaca como **“Buena”**, en la cuenca alta y media (punto 4); **“Regular”**, en la cuenca media (punto 5); **“Mala”**, en la cuenca media (punto 6) y baja (puntos 7 y 8); y, **“Pésima”**, en la cuenca baja (punto 9).
2. Respecto a la calidad de la vegetación ribereña de la cuenca del río Ramuschaca, se determinó el Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And) de **“Buena”**, en la cuenca alta y media (punto 4); **“Moderada”**, en la cuenca media (punto 5); **“Deficiente”**, en la cuenca media (punto 6); y, **“Mala”**, en la cuenca baja (puntos 7 al 9).
3. A nivel biológico, mediante la identificación de los macroinvertebrados, como bioindicador de la calidad del agua de la cuenca del río Ramuschaca, permitió establecer que ésta es **“Buena”**, en la cuenca alta (puntos 1 al 3); **“Muy buena”**, en la media (puntos 4 y 5); **“Buena”**, en la cuenca media (punto 6) y baja (puntos 7 y 8); y, **“Regular”**, en la cuenca baja (punto 9).
4. En relación a la evaluación del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) para la cuenca del río Ramuschaca, se encontró una calidad **“Muy buena”**, para la cuenca alta; **“Buena”**, para la cuenca media y el punto 7 de la cuenca baja; mientras que, **“No llega a buena”**, en la cuenca baja (puntos 8 y 9).
5. En cuanto al Índice de Calidad de Agua (ICA), la calidad del agua de la cuenca del río Ramuschaca es **“Excelente”**, para la cuenca alta (puntos 1 al 3) y punto 4 de la cuenca media; **“Bueno”**, para el punto 5 de la cuenca media; **“Regular”**, para el punto 6 de la cuenca media; **“Excelente”**, para el punto 7 de la cuenca baja; y, **“Regular”**, para los puntos 8 y 9, de la cuenca baja.

6. Finalmente, se determinó una Integridad Ecológica de **“Bueno”** para la cuenca Ramuschaca, teniendo una buena capacidad de resiliencia ante estas perturbaciones, lo cual se evidenció con las variables evaluadas, como son: Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andino (QBR-And), Macroinvertebrados, Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y parámetros físico-químicos y microbiológicos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe considerar a la integridad ecológica como metodología para determinar la funcionalidad apropiada y saludable de una cuenca ante impactos antrópicos y naturales, como herramienta para establecer su resiliencia.
- En futuras investigaciones se debería implementar metodologías cuantitativas como el Índice Biótico Andino (ABI) mediante macroinvertebrados y el Índice de Calidad de Agua (ICA), al igual que cualitativas como Calidad de la Vegetación Ribereña Andina (QBR-And) y el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), así como trabajos de campo, laboratorio y gabinete a nivel biótico y abiótico para determinar la integridad ecológica de una cuenca (ecosistema).
- Se recomienda el uso del Diseño “BACI” (Before-After-Control-Impacted), para evaluar cuencas con manejo y sin manejo, y así, para poder comparar ambas cuencas a nivel de integridad ecológica.
- Se debe tener en cuenta que, en el diseño y construcción de infraestructura hidráulica, se mantenga la vegetación ribereña, conservando la continuidad de la cobertura vegetal; asimismo, reforestar las zonas ribereñas en las cuales no se tenga esa continuidad natural.
- El monitoreo de los ríos debería efectuarse para diferentes momentos (antes, durante y después de una intervención), para obtener diferencias en la integridad ecológica y realizar un adecuado manejo y gestión en la cuenca.
- Para mantener un sistema de monitoreo constante de la integridad ecológica de los ríos, se requiere no solo acciones individuales, sino de un programa estructurado de biomonitoreo, donde se involucre personal debidamente capacitado dentro del sector público, sector privado y la población.

- Las actividades antrópicas impactan en la integridad ecológica de las riberas de los ríos; por tanto, es necesario incluir en su diseño e implementación, criterios para reducir su impacto y mantener la integridad ecológica, se debe combinar infraestructura gris con infraestructura verde para la gestión del recurso hídrico y para contención de los desbordes.
- Es indispensable establecer a las cabeceras de cuenca como “sitios clave” (sitios claves), ya que estos ecosistemas (cabeceras de cuenca), son sensibles a perturbaciones antropogénicas.
- Para que una variable sea considerada como atributo ecológico clave (AEC) a fin de determinar la integridad ecológica, deben cumplir ciertos requisitos los cuales son: (i) relevantes desde el punto de vista ecológico (deben aportar información relevante), (ii) sensibles a estrés antrópico, (iii) medible, (iv) relación costo – efectividad bajo (debe ser económico).
- Se recomienda incluir al “caudal ecológico” como Atributo Ecológico Clave (AEC) para determinar la integridad ecológica, teniendo en consideración que las especies hidrobiológicas, así como la flora acuática, dependen del caudal ecológico para su desarrollo dentro del ecosistema.
- Es estratégico incluir al parámetro de Conductividad como Atributo Ecológico clave (AEC), teniendo en cuenta que tiene una relación directamente proporcional con los parámetros: sólidos totales disueltos, y coliformes termotolerantes y una relación inversamente proporcional con la cobertura vegetal ribereña.
- Tomar en consideración que, la escasa heterogeneidad de macroinvertebrados en los andes centrales (Norte de Perú – Norte Chile y Argentina) se debe a la presencia de los glaciares, que actualmente son jóvenes y se encuentran en proceso de colonización de nichos ecológicos dentro de este hábitat.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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: 35-64 p.
- Acosta, R; Ríos, B; Rieradevall, M; Prat, N. 2014. Protocolo de evaluación de la calidad biológica de los ríos de la región austral del Ecuador. ETAPA EP, SENAGUA - DHS. Universidad de Cuenca. Programa PROMETEO de la SENESCYT. Bases teóricas.
- ACA (Agencia Catalana del Agua, Cataluña); 2006. Protocolo HIDRI para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos.
- Alcaraz, F. 2011. Geobotánica, Tema 12 – Ordenación y Clasificación. Creative Commons 3.0
- Alomía, J; Iannacone, J; Alvaríño, L; Ventura, K. 2017. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)* 15(1), jan-jun: 65-84 p.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2010. Reglamento de Organizaciones y Funciones - Capítulo I - Artículo 9 y 10.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2016. Priorización de cuencas para la gestión de recursos hídricos.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2018. Resolución Jefatural N°056-2018. Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2018. Resolución Jefatural N°068-2018. Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.

- Bojsen, BH; Barriga, R. 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biol.* 47:2246-2260 p.
- Brower – Zar. 1990. *Field and laboratory methods for ecology*. Brown Publishers, USA.
- Camargo, J; Salazar, D. 2013. Análisis integral del riesgo a deslizamientos, huaycos e inundaciones en la cuenca de Ramuschaca, Zurite – Anta.
- Candía, L; Huacarpuma, L; Jara, J; Jiménez, M; Rojas, E; Zevallos, D. 2012. Diagnóstico y problemática ambiental del distrito de Zurite. Cusco - Perú.
- Chará, J. 2003. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Fundación centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. CIPAV. Colombia. 52 p.
- Constitución Política del Perú. 1993. Expediente N° 014-2003-AI-TC.
- CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Suiza). 2018. Índice de Especies. IUCN.
- CCTA (Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes, Perú). 1999. Gestión integral de microcuencas de la sierra del Perú: balance de diagnósticos, seguimiento, planificación estratégica e información. Informe final.
- Decreto Supremo N° 087-2004-PCM, 2004. Aprueba el reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).
- De La Fuente, S. 2001. Componentes principales – ACP. Universidad Autónoma de Madrid - UAM. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Diputación de Barcelona. 2000. Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR). Departamento de ecología de la Universidad de Barcelona.
- Doak, DF; Bigger D; Harding, EK; Marvier, MA; O'Malley, RE; Thomson, D. 1998. The statistical inevitability of stability-diversity relationships in community ecology. *The American Naturalist*, 151: 264-276 p.

- Dourojeanni, A. 2005. Gestión de cuencas hidrográficas y físicas y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.
- Dourojeanni, A. 2009. Principios de gestión integrada por cuencas o demarcaciones hidrográficas.
- Dourojeanni, A. 2011. Organizaciones para la gestión del agua por cuenca. Fundación Chile.
- Doak, DF, Bigger D, Harding, EK, Marvier, MA, O`Malley RE, Thomson D. 1998. The statistical inevitability of stability-diversity relationships in community ecology. *The American Naturalist*, 151: 264-276 p.
- Dudgeon, D; Arthington, AH; Gessner, MO; Kawabata, ZI; Knowler, DJ; Lévêque, C; Naiman RJ; Prieur-Richard, AH; Soto, D; Stiassny MLJ; Sullivan, A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Conservation Biology* 81: 163–182 p.
- Earls, JC. 2008. Manejo de cuencas y cambio climático. En los Andes y las poblaciones alto andinas en agenda de la regionalización y la descentralización. T.I. Ed. H. Araujo, (pp. 113 - 126). LIMA. CONCYTEC, CITPA.
- ECOSTRIMED (Ecological Status Rivers Mediterránea, España). 2010. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos Mediterráneos. Departament d'Ecologia Universitat de Barcelona.
- Eguía, P; Moreno-Casasola, P. 2015. Indicadores de integridad ecológica y salud ambiental para las cuencas de los ríos Yautepec y Cuautla, Morelos. 1ra Etapa Informe Final.
- Encalada, A. 2011. Diagnóstico de la integridad ecológica y la calidad del agua de los ríos en las zonas de manejo del FONAG. Informe final (Producto 3).
- Encalada, A; Rieradevall, M; Ríos-Touma, B; García, N; Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación ecológica de los ríos andinos (CERA-S). USFQ, UB, AECID, FONAG, Quito, 83 p.

- Eschmeyer, WN; Fricke, R. 2010. Catalog of fishes. Disponible en <http://reserach.calacademy.org/ichtiology/catalog/fishcatmailn.asp>.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, Estados Unidos). 2016. Manual de creación de GEODATABASE en ARCGIS 10.3.
- Estrela, T; Cabezas, F; Estrada, F. 1999. El libro blanco del agua en España. Secretaría de estado de aguas y costas, Dirección general de obras hidráulicas y calidad de las aguas. 637 pp. Ministerio de Medio Ambiente. España.
- Felipe-Morales, C. 2012. Manual para la gestión del agua de la cuenca del río Lurín – Centro para el desarrollo y la democracia.
- Fundación Natura. 1990. Manual para medir las características físicas del agua de los ríos pequeños. Quito – Ecuador.
- FUNDESNAP (Fundación para el Desarrollo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bolivia). 2011. Comité Local de Monitoreo Ambiental: Calidad Ambiental. Recuperado el 30 de julio de 2015, disponible en http://fundesnap.org/files/comites_locales_cepf.pdf.
- Galeano-Rendón, E; Monsalve-Cortes, LM; Mancera-Rodríguez, NJ. 2017. Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del río Magdalena, Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 20(2): 413-424 p.
- Gamarra, Y; Restrepo, R; Cerón-Vivas, A; Villamizar, M; Arenas, R; Vega, C; Avila, A. 2016. Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia.
- GWP (Global Water Partnership). 2009. Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas. ISBN: 978-91-85321-78-0.
- Groombridge, B; Jenkins, MB. 2002. World atlas of biodiversity. Earth's living resources in the 21st Century. Berkeley, California. University of California Press.

- Holdridge, LR. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología basada en zonas de vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- InfoStat (2018), versión 2018. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.
- IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente, Perú). 2013. Instalación y mejoramiento de los servicios de protección ante aluviones en la microcuenca de Ramuschaca del distrito de Zurite, provincia de Anta - región Cusco.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad, Perú). 2014. Ley N° 30224, ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad.
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, Perú). 2006. Manual básico para la estimación de riesgo. Perú. Disponible en <http://www.sinadeci.gob.pe/>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2017. Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Estados Unidos). 2002. Cambio Climático y biodiversidad.
- Johnson, R; Kuby, P. 2012. Elementary statistics. 11ra ed. Estados Unidos de Norteamérica, Brooks/Cole Cengage Learning. 832 p.
- Krebs, C. 2013. Ecological methodology. 3ra ed. Canadá, Addison-Wesley Educational Publishers Inc. 745 p.
- Komar, O; Schlein, O; Lara, K. 2014. Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el sistema nacional de áreas protegidas y vida silvestre de Honduras. ICF, SINFOR, Escuela agrícola Panamericana (EAP/Universidad Zamorano) y Proyecto USAID ProParque. Tegucigalpa, Honduras. 39 p.
- Ley N° 26821. 1997. Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- Ley N° 27867. 2002. Ley orgánica de gobiernos regionales.

- Ley N° 27972. 2003. Ley orgánica de municipalidades.
- Ley N° 28245. 2004. Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.
- Ley N° 29338. 2009. Ley de recursos hídricos.
- Ley N° 29664. 2011. SINAGERD (Ley que crea el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres).
- Ley 30224. 2014. Ley que crea el sistema nacional para la calidad y el instituto nacional de calidad.
- Ley N° 30215. 2014. Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.
- Ley 30640. 2017. Ley que modifica la Ley 29338, Ley de recursos hídricos, mediante el establecimiento de los criterios técnicos para la identificación y delimitación de las cabeceras de cuenca.
- Lin, G; Chen, L. 2006. Identification of homogeneous regions for regional frequency analysis using the self organizing map. *Journal of Hydrology* 324, 1–9 p.
- Llerena, CA; Hermoza, R; Llerena, L. 2007. Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas. *Debate agrario* 42: 79 – 110 p.
- Llerena, CA. 2005. Conceptos sobre cuencas hidrográficas e hidrología forestal relacionados a servicios ambientales y producción de agua. *Debate interinstitucional: enfoques y mecanismos de valoración multidimensional del agua y del pago por servicios ambientales, para el curso: gestión integrada de recursos hídricos, CAMAREN-Ecuador e IPROGA-Perú, Lima, 11 p.*
- Loinaz, MC. 2012. Integrated ecohydrological modeling at the catchment scale, PhD Thesis. The thesis will be available as a pdf-file for downloading from the homepage of the department. Available at www.env.dtu.dk.
- Lopretto, EC; Tell, G. 1995. *Ecosistemas de aguas continentales*. Ediciones Sur, La Plata, 3 tomos, 1401 p.

- Ludwig, D; Walker, B; Holling, CS. 1997. Sustainability, stability, and resilience. Conservation Ecology 1. Available at <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art7>.
- McCune, B; Mefford, MJ. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Perú) - INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2003. Informe técnico: Delimitación y codificación de las cuencas hidrográficas del Perú. Disponible en <http://www.minagri.gob.pe/>.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Perú). 2008. Resolución Ministerial N° 033-2008-AG. 2008. Aprueban metodología de codificación de unidades geográficas de pfaftetter, memoria descriptiva y el plano de delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2014. Ley N° 30215 - Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2017. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2018. Resolución Ministerial N° 440-2018-MINAM. Aprueban el mapa nacional de ecosistemas, la memoria descriptiva y las definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú.
- NRC (Nuclear Regulatory Commission, Estados Unidos). 2002. Riparian areas: functions and strategies for management. Washington D.C., National Academy Press. Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management, Water Science and Technology Board, National Research Council. Available at <http://www.nap.edu/catalog/10327.html>.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Perú). 1988. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona altoandina del Perú. (Suelos, uso actual y agrostología) semidetallado.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2005. Directrices sobre calidad del agua. Washington D.C.- Estados Unidos.
- Ordoñez, M. 2011. Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos alto-andinos al noreste del Ecuador.
- Pardo, I; Alvarez, M; Casas, J; Moreno, J; Vivas, S; Bonada, N; Alba-Tercedor, J; Jáimez-Cuéllar, P; Moya, G; Prat, N; Roles, S; Suarez, L; Toro, M; Vidal-Abarca, R. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat.
- Parrish, JD; Braun, DP; Unnasch, RS. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53, 9: 851-860 p.
- PAST (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis, Noruega). 2015. Version 3.25. Øyvind Hammer. Paleontological Museum, University of Oslo, Sars gate 1, 0562 Oslo.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. Mc Graw - Hill. España.
- Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Centro de investigaciones científicas. Universidad Jorge Tadeo Lozano Bogota D.C.
- PLAN MERISS (Plan de Mejoramiento de Riego en Sierra y Selva, Perú), Gobierno regional del Cusco. 2020. Mejoramiento y ampliación del servicio de agua para riego en la comunidad campesina de San Nicolás de Bari, distrito de Zurite, provincia de Anta – departamento de Cusco.
- PRODERM (Proyecto para el Desarrollo Rural en Microregiones, Perú). 1986. Los Programas de desarrollo microregional en la zona andina: un estudio del caso en el Cusco.
- PRODERM (Proyecto para el Desarrollo Rural en Microregiones, Perú). 1989. Pacha Mama Raymi: un sistema de capacitación para el desarrollo en comunidades – Cusco.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2009. IDH (Índice de Desarrollo Humano). New York – Estados Unidos.

- PRONAMACHCS (Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos, Perú). 2004. Gestión participativa de los recursos naturales para el desarrollo rural sostenible.
- Resolución Jefatural N° 332-2016-ANA. 2016. Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales.
- Resolución Ministerial N° 026-2010-MINAM, 2010. Lineamientos de Política para el Ordenamiento Territorial.
- Rios-Touma, B; Acosta, R; Prat, N. 2008. Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI).
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Roldan, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 23(88): 375-387 p.
- Roldán G. 2001. Los macroinvertebrados de agua dulce de los Andes tropicales. Págs:122-123 En: Primack, R., Rozz, R., Feinsinger, P., Dorzo, R. & Nassardo, F. (Eds.) Fundamentos de la conservación, biología y perspectivas latinoamericanas. Fondo de la cultura económica, D.F. México.
- Salcedo, S; Artica, L; Andrea, F. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Perú). 2018. Libro rojo de la fauna silvestre amenazada del Perú.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2019. Información del estado del tiempo. Disponible en http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi.
- Schulenberg, T; Stotz, D; Lane, D; O'Neill, J; Parker, T. 2007. Aves del Perú – 2da edición CORBIDI. New Jersey– Estados Unidos.

- Smith, RL; Smith, TM. 2000. Elements of Ecology. 4th edition update. Adison Wesley Longman, Inc.
- SER (Society for Ecological Restoration International). 2004. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Disponible en www.ser.org.
- Suárez, ML; Vidal-Abarca, MR. 2002. Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR (Munné *et al.*, 1998) a los cauces fluviales de la cuenca del río Segura. Tecnología del agua, 201: 33-45 p.
- Strobl, RO; Robillard, PD. 2008. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. Journal of Environmental Management 87: 639-648.
- Underwood, AJ. 1992. BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. Volume 161, Issue 2, 145-178 p.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural). 1973. Clasificación Internacional y cartografía de la vegetación. ecology and conservation. París, Francia. Disponible en <http://www.unesdoc.unesco.org/>.
- UNA (Universidad Nacional Agraria, Nicaragua). 2002. Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Managua.
- Urdinez, F; Labrin, C. 2019. Analizar datos políticos. Creación de índices con PCA. Versión 0.1, Capítulo 10.
- WFD (Water Framework Directive, Unión Europea). 2003. Directiva marco del agua de la Unión Europea. gestión integrada de las cuencas fluviales para Europa.
- World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p.
- Yengle, C. 2012. Aplicación del análisis de componentes principales como técnica para obtener índices sintéticos de calidad ambiental. Scientia 4 (2).

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Calificación del índice de calidad de vegetación de ribera (QBR-And)

Tabla 66: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (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 <u>PUNTO 01</u> Observador <u>JORGE CAMARGO ALVAREZ</u> Fecha <u>04-03-19</u>
Grado de cubierta de la zona de ribera	
Puntuación bloque 1	25
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	25
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	25
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)	
	PONDERACION: 1.333 100

Tabla 67: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

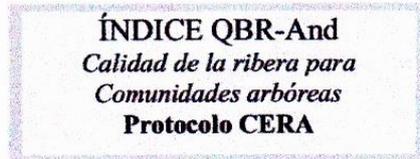
Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And Calidad de la ribera de Comunidades de Pajonales de Páramos y Punas Protocolo CERA	 UNIVERSITAT DE BARCELONA Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) Departament d'Ecologia
La puntuación de cada uno de los 3 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos	Estación <u>PUNTO 02</u> Observador <u>JORGE CARRASCO ALVAREZ</u> Fecha <u>04-03-19</u>
Grado de cubierta de la zona de ribera	
Puntuación bloque 1	<u>25</u>
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	<u>25</u>
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	<u>25</u>
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)	
PONDERRACION: <u>1.333</u> <u>100</u>	

Tabla 68: Índice de vegetación de ribera cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And)



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	PUNTO 03
		Observador	JORGE CANARGO ALVAREZ
		Fecha	04-03-19
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1	
Puntuación		20	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2	
Puntuación		20	
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3	
Puntuación		25	
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4	
Puntuación		25	
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)		90	

Tabla 69: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	PUNTO 04
		Observador	JORGE CARGO ALVAREZ
		Fecha	05-03-19
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1	
Puntuación		25	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2	
Puntuación		15	
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3	
Puntuación		15	
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4	
Puntuación		0	
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)		55	

Tabla 70: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5).

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	PUNTO 05
		Observador	JORGE CATARGO ALVAREZ
		Fecha	01-03-19
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1	
Puntuación		15	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2	
Puntuación		20	
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3	
Puntuación		5	
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4	
Puntuación		0	
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)		40	

Tabla 71: Índice de vegetación de ribera cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos	Estación <u>PUNTO 06</u> Observador <u>JORGE CARGO ALVAREZ</u> Fecha <u>01-03-19</u>
Grado de cubierta de la zona de ribera Puntuación bloque 1	
Puntuación	0
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
(5)	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
(-5)	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera) Puntuación bloque 2	
Puntuación	0
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
(5)	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
(-5)	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %
Calidad de la cubierta Puntuación bloque 3	
Puntuación	5
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas
(0)	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.
(+5)	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas
Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación bloque 4	
Puntuación	5
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) 10	

Tabla 72: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) / Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	PUNTO 07
		Observador	JORGE CATARGO ALVAREZ
		Fecha	01-03-19
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1	
Puntuación		5	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2	
Puntuación		5	
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3	
Puntuación		5	
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4	
Puntuación		0	
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)		15	

Tabla 73: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos	Estación <u>PUNTO 08</u> Observador <u>JORGE CARALGO ALVAREZ</u> Fecha <u>01-03-19</u>
Grado de cubierta de la zona de ribera	Puntuación bloque 1
Puntuación	<u>0</u>
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
<u>5</u>	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
<u>- 5</u>	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%
- 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)	Puntuación bloque 2
Puntuación	<u>0</u>
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
<u>5</u>	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
<u>- 5</u>	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %
Calidad de la cubierta	Puntuación bloque 3
Puntuación	<u>5</u>
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas
<u>0</u>	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.
<u>+ 5</u>	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas
Grado de naturalidad del canal fluvial	Puntuación bloque 4
Puntuación	<u>0</u>
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
<u>0</u>	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)	<u>5</u>

Tabla 74: Índice de vegetación de ribera cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And) / Andean riparian vegetation quality Index (QBR-And)

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	PUNTO 09
		Observador	JORGE CANABIGO ALVAREZ
		Fecha	01-03-19
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1	
Puntuación 0			
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2	
Puntuación 0			
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
-5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3	
Puntuación 0			
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+ 10	>75% des los arbustos son de especies autóctonas.		
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
-5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4	
Puntuación 0			
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)		0	

Anexo 2: Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica

Tabla 75: Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Foto
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	
Mollusca	Gasteropoda	Basommatophora	Physidae	

«Continuación»				
Phylum	Clase	Orden	Familia	Foto
Mollusca	Gasteropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	
			Planorbidae	
	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	
	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina (S.O) ¹	

¹ Suborden Hydracarina – Protocolo CERA

«Continuación»				
Phylum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	
			Leptophlebiidae	
	Plecoptera	Gripopterygidae		
	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	

«Continuación»				
Phyllum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	
			Limnephilidae	
			Polycentropodidae	
		Coleoptera	Elmidae	

«Continuación»				
Phyllum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	
			Scirtidae	
			Staphylinidae	
			Dytiscidae	

«Continuación»				
Phyllum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Coleoptera		
			Ceratopogonidae	
		Diptera	Chironomidae	

«Continuación»				
Phylum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Diptera	Empididae	
			Muscidae	
			Limoniidae	
			Simuliidae	

«Continuación»				
Phyllum	Clase	Orden	Familia	Foto
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	
			Tabanidae	
			Psychodidae	
			Stratiomyidae	

Anexo 3: Calificación del índice de hábitat fluvial (IHF)

Tabla 76: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 01 OBSERVADOR: JORGE CAMARGO ALVAREZ FECHA: 04-03-19

Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
TOTAL (una categoría)		10	
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4	
	Sólo pozas	2	
TOTAL (una categoría)		10	
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
	% Bloques y piedras	1 - 10% > 10%	2 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% > 10%	2 5
	% Arena	1 - 10% > 10%	2 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% > 10%	2 5
TOTAL (sumar categorías)		14	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
TOTAL (una categoría)		6	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	
TOTAL (una categoría)		3	
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
	Hojarasca	> 10% ó < 75% < 10% ó > 75%	4 2
	Presencia de troncos y ramas	2	
	Raíces expuestas	2	
	Diques naturales	2	
TOTAL (una categoría)		8	
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
	% Plocon + briófitos	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
	% Pecton	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
	% Fanerógamas	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
TOTAL (sumar categorías)		30	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		81	

Tabla 77: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 02 OBSERVADOR: JORGE CARARGO ALVAREZ FECHA: 04-03-19

Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
TOTAL (una categoría)		10	
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4	
	Sólo pozas	2	
TOTAL (una categoría)		10	
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
	% Bloques y piedras	1 - 10% > 10%	2 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% > 10%	2 5
	% Arena	1 - 10% > 10%	2 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% > 10%	2 5
TOTAL (sumar categorías)		11	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
TOTAL (una categoría)		6	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	
TOTAL (una categoría)		5	
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
	Hojarasca	> 10% ó < 75% < 10% ó > 75%	4 2
	Presencia de troncos y ramas	2	
	Raíces expuestas	2	
	Diques naturales	2	
TOTAL (una categoría)		8	
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
	% Plocon + briófitos	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
	% Pecton	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
	% Fanerógamas	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta	10 5 0
TOTAL (sumar categorías)		30	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		80	

Tabla 78: Índice de hábitat fluvial de la cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 03 OBSERVADOR: JORGE CAMARGO ALVAREZ FECHA: 04-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		10
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
	% Bloques y piedras	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Arena	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% > 10%
		2 5
TOTAL (sumar categorías)		14
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		10
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
	Hojarasca	> 10% ó < 75% < 10% ó > 75%
		4 2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		8
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
	% Plocon + briófitos	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
	% Pecton	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
	% Fanerógamas	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
TOTAL (sumar categorías)		30
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		86

Tabla 79: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 04 OBSERVADOR: JORGE CATARGO ALVAREZ FECHA: 05-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		5
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
	% Bloques y piedras	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Arena	1 - 10% > 10%
		2 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% > 10%
		2 5
TOTAL (sumar categorías)		11
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero:< 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento:< 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		6
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		5
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
	Hojarasca	> 10% ó < 75% < 10% ó > 75%
		4 2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		10
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
	% Plocon + briófitos	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
	% Pecton	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
	% Fanerógamas	10 - 50% < 10% ó > 50% Ausencia absoluta
		10 5 0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		62

Tabla 80: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 05 OBSERVADOR: JORGE CARARGO ALVAREZ FECHA: 01-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		10
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
% Bloques y piedras	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Cantos y gravas	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Arena	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Limo y arcilla	1 - 10%	2
	> 10%	5
TOTAL (sumar categorías)		11
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		5
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4
	< 10% ó > 75%	2
Presencia de troncos y ramas		2
Raíces expuestas		2
Diques naturales		2
TOTAL (una categoría)		6
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Pecton	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Fanerógamas	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		61

Tabla 81: Índice de hábitat fluvial de la cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 06 OBSERVADOR: JORGE CARGO ALVAREZ FECHA: 01-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		5
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
	% Bloques y piedras	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Arena	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% 2
		> 10% 5
TOTAL (sumar categorías)		8
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		5
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
	Hojarasca	> 10% ó < 75% 4
		< 10% ó > 75% 2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		4
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
	% Plocon + briófitos	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
	% Pecton	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
	% Fanerógamas	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		51

Tabla 82: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 07 OBSERVADOR: JORGE CAMARGO ALVAREZ FECHA: 01-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		5
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
	% Bloques y piedras	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Arena	1 - 10% 2
		> 10% 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% 2
		> 10% 5
TOTAL (sumar categorías)		8
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		5
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
	Hojarasca	> 10% ó < 75% 4
		< 10% ó > 75% 2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		6
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
	% Plocon + briófitos	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
	% Pecton	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
	% Fanerógamas	10 - 50% 10
		< 10% ó > 50% 5
		Ausencia absoluta 0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		53

Tabla 83: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 08 OBSERVADOR: JORGE CANARGO ALVAREZ FECHA: 01-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		5
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
% Bloques y piedras	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Cantos y gravas	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Arena	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Limo y arcilla	1 - 10%	2
	> 10%	5
TOTAL (sumar categorías)		8
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		3
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4
	< 10% ó > 75%	2
Presencia de troncos y ramas		2
Raíces expuestas		2
Diques naturales		2
TOTAL (una categoría)		2
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Pecton	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Fanerógamas	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		47

Tabla 84: Índice de hábitat fluvial de la cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9)

Calidad de ríos andinos (Protocolo CERA)

Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002). (Adapted from Pardo et al., 2002)

ESTACION: PUNTO 09 OBSERVADOR: JORGE CATARGO ALVAREZ FECHA: 01-03-19

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0
TOTAL (una categoría)		0
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4
	Sólo pozas	2
TOTAL (una categoría)		10
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
	% Bloques y piedras	1 - 10% 2 > 10% 5
	% Cantos y gravas	1 - 10% 2 > 10% 5
	% Arena	1 - 10% 2 > 10% 5
	% Limo y arcilla	1 - 10% 2 > 10% 5
TOTAL (sumar categorías)		11
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		4
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		3
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
	Hojarasca	> 10% ó < 75% 4 < 10% ó > 75% 2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		2
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
	% Plocon + briófitos	10 - 50% 10 < 10% ó > 50% 5 Ausencia absoluta 0
	% Pecton	10 - 50% 10 < 10% ó > 50% 5 Ausencia absoluta 0
	% Fanerógamas	10 - 50% 10 < 10% ó > 50% 5 Ausencia absoluta 0
TOTAL (sumar categorías)		15
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		45

Anexo 4: Resultado de los análisis físico-químicos y microbiológicos

Certificado

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Tulumayo N° 768 Int.205, distrito de Cusco, provincia de Cusco y departamento de Cusco

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 25 de noviembre de 2018
Fecha de Vencimiento: 24 de noviembre de 2022

MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0921-2018/INACAL-DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°021-15/INACAL-DA
Registro N° : LE-042

Fecha de emisión: 21 de enero de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe constarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-act-01P-02M Vir. 02

Figura 21: Acreditación INACAL

Tabla 85: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 1)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0732-2019
SO-0167-2019



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/04
 Fecha de Ensayo: 2019/03/04

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/04
 Procedencia de la Muestra: Punto 01 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 250ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/09

Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	6,8

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,44
Conductividad	us/cm	197,9
Oxígeno disuelto	mg/L	7,45
Sólidos totales disueltos	ppm	100,1

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1. 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part.2510. B. Laboratory Method Pag 2-54
 Sólidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pag 2-65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pag. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 86: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 2)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0733-2019
SO-0167-2019



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/04
 Fecha de Ensayo: 2019/03/04

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/04
 Procedencia de la Muestra: Punto 02 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 250ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/09

Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	11

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,24
Conductividad	us/cm	246,7
Oxígeno disuelto	mg/L	6,89
Solidos totales disueltos	ppm	123,3

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part.2510. B Laboratory Method Pág. 2-54
 Solidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág 2-65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C Azide Modification Pág 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 87: Análisis químico-microbiológico cuenca alta del río Ramuschaca (Punto 3)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0734-2019
SO-0167-2019



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/04
 Fecha de Ensayo: 2019/03/04

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Bigo, Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/04
 Procedencia de la Muestra: Punto 03 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 250ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/09
 Referencia: Nro De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	23

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,17
Conductividad	us/cm	432,1
Oxigeno disuelto	mg/L	6,85
Solidos totales disueltos	ppm	213,5

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part.4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part.2510. B. Laboratory Method Pág. 2-54
 Solidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág 2-65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 88: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 4)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0735-2019
SO-0167-2019



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/04
 Fecha de Ensayo: 2019/03/04

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/04
 Procedencia de la Muestra: Punto 04 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 250ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/09

Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	27

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,51
Conductividad	us/cm	500,1
Oxígeno disuelto	mg/L	6,75
Solidos totales disueltos	ppm	250,0

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP)
 pH
 Conductividad
 Solidos totales disueltos
 OXIGENO DISUELTO (OD)

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 921 E-1, 23rd (2017)
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed (2017)
 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION, Conductivity Part.2510. B. Laboratory Method Pág. 2-54
 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION, Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C, Pág. 2-65
 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION, Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 89: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 5)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0736-2019
SO-0167-2019



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/04
 Fecha de Ensayo: 2019/03/04

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/04
 Procedencia de la Muestra: Punto 05 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 250ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/09

Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1,3x10 ³

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,67
Conductividad	us/cm	549,5
Oxígeno disuelto	mg/L	6,56
Sólidos totales disueltos	ppm	276,8

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part. 2510. B Laboratory Method Pág. 2-54
 Sólidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág. 2-65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 90: Análisis químico-microbiológico cuenca media del río Ramuschaca (Punto 6)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratorioulouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0699-2019
SO-0162-2019



Pág. 1 de 2

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/01
 Fecha de Ensayo: 2019/03/01

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/01
 Procedencia de la Muestra: Punto 06 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 500ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/06
 Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3,3x10 ³

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,61
Conductividad	us/cm	638,2
Oxígeno disuelto	mg/L	8,11
Solidos totales disueltos	ppm	320,5

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part. 2510. B. Laboratory Method Pág. 2-54
 Solidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág 2 -65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 91: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 7)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe



**INFORME DE ENSAYO
 LLP-0700-2019
 SO-0162-2019**

Pág. 1 de 2

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/01
 Fecha de Ensayo: 2019/03/01

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Blgo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/01
 Procedencia de la Muestra: Punto 07 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 500ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/06
 Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1,1x10 ³

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,70
Conductividad	us/cm	666,0
Oxígeno disuelto	mg/L	7,47
Solidos totales disueltos	ppm	333,0

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW:APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW:APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Conductivity Part 2510. B. Laboratory Method Pág 2-54
 Solidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Part 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág 2 -65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Part. 4500. O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 92: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 8)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-0701-2019
SO-0162-2019



Pág. 1 de 2

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/01
 Fecha de Ensayo: 2019/03/01

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Bigo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/01
 Procedencia de la Muestra: Punto 08 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 500ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/06

Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	7,9x10 ³

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,79
Conductividad	us/cm	922,6
Oxígeno disuelto	mg/L	6,95
Sólidos totales disueltos	ppm	461,0

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pág. 2-54
 Sólidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pág. 2-65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Part 4500- O Oxygen (Dissolved) C Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Tabla 93: Análisis químico-microbiológico cuenca baja del río Ramuschaca (Punto 9)

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Av. Tullumayo 768
 Cusco - Perú
 Telefax: 084-234727
 Celular: 975 713500
 RPC: 974787 151
 RPM: # 713522
 laboratoriolouispasteur@yahoo.es
 www.lablouispasteur.pe

**INFORME DE ENSAYO
 LLP-0702-2019
 SO-0162-2019**



Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Jorge Matias Camargo Alvarez
 Dirección Legal: Urb. Velasco Astete D-12 - Wanchaq

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua Superficial
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/03/01
 Fecha de Ensayo: 2019/03/01

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Bigo. Jorge Matias Camargo Alvarez
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/03/01
 Procedencia de la Muestra: Punto 09 - Rio Zurite – Distrito de Zurite – Anta – Cusco.
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno estéril de 500ml y frasco de polietileno de 1000ml, transportado en cadena de frío.
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/03/06
 Referencia: Nro. De Cotización: 71A-02

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	4,9x10 ³

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	7,67
Conductividad	us/cm	1981,0
Oxígeno disuelto	mg/L	5,40
Sólidos totales disueltos	ppm	990,8

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd (2017)
 pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed (2017)
 Conductividad 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Conductivity Part 2510 - B Laboratory Method Pág. 2-54
 Sólidos totales disueltos 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION Part. 2540B Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Pág 2 -65
 OXIGENO DISUELTO (OD) 2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 4500- O Oxygen (Dissolved) C. Azide Modification Pág. 4-139

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Anexo 5: Mapas temáticos de la cuenca del río Ramuschaca

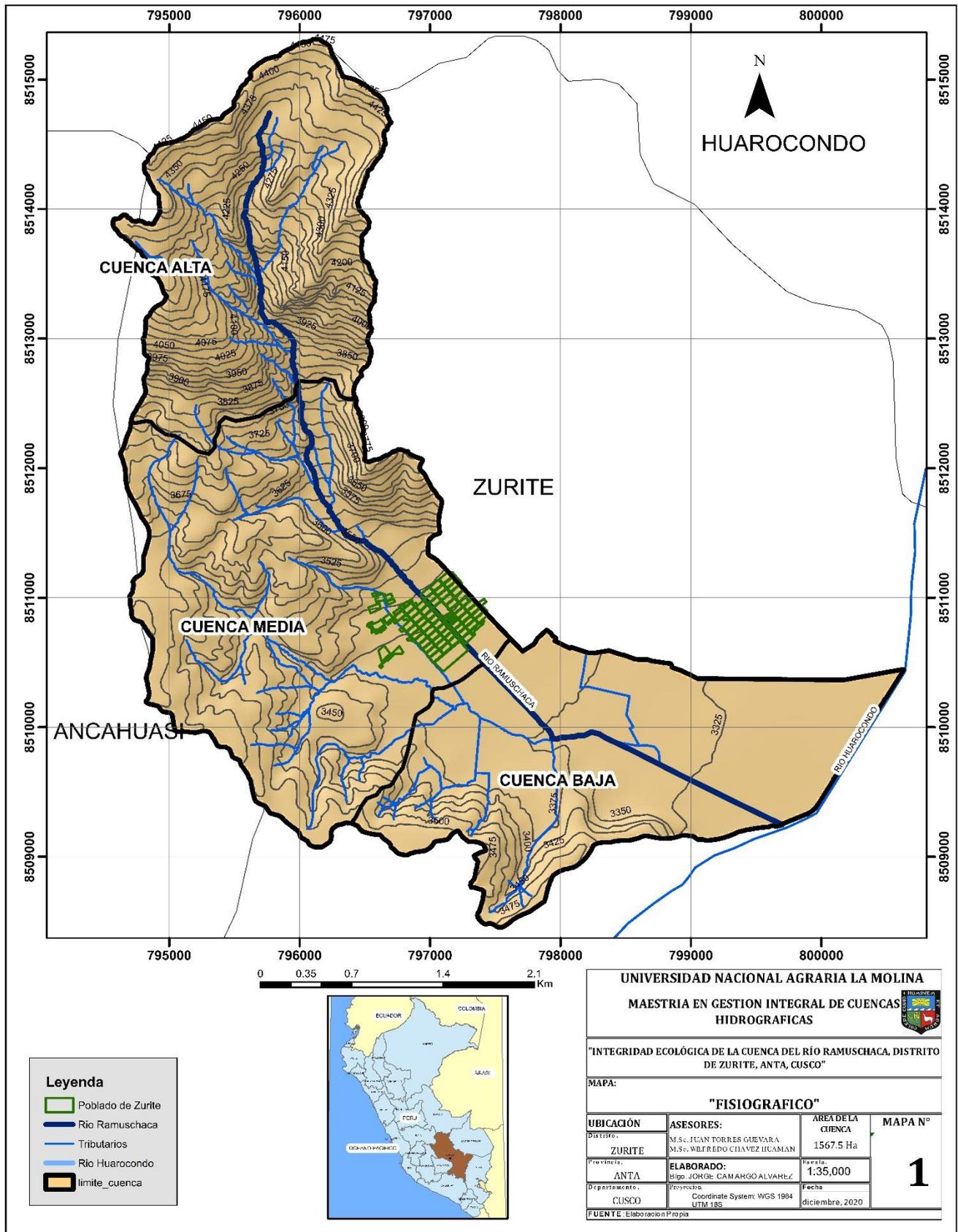


Figura 22: Mapa Fisiográfico de la cuenca del río Ramuschaca

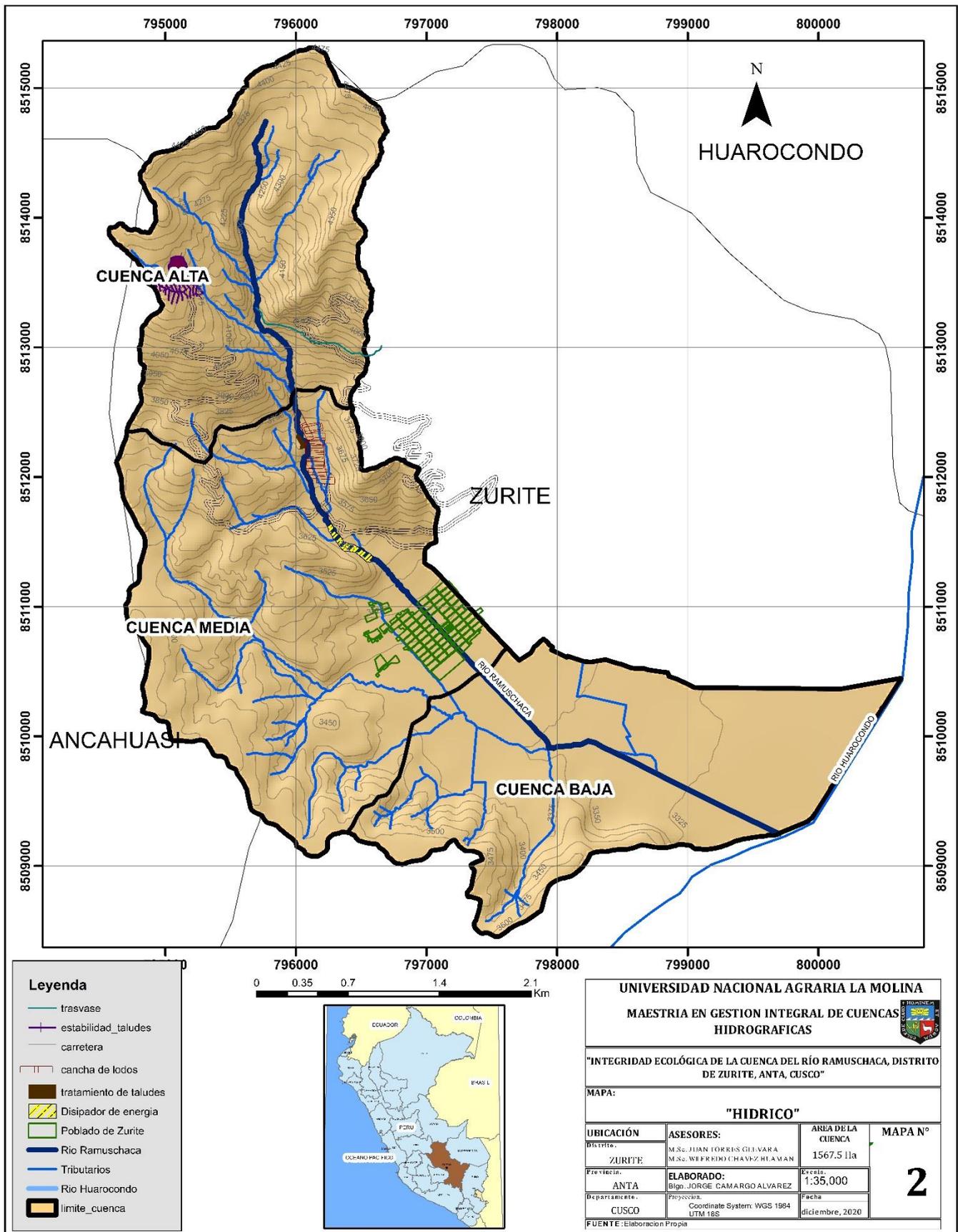


Figura 23: Mapa hídrico de la cuenca del río Ramuschaca

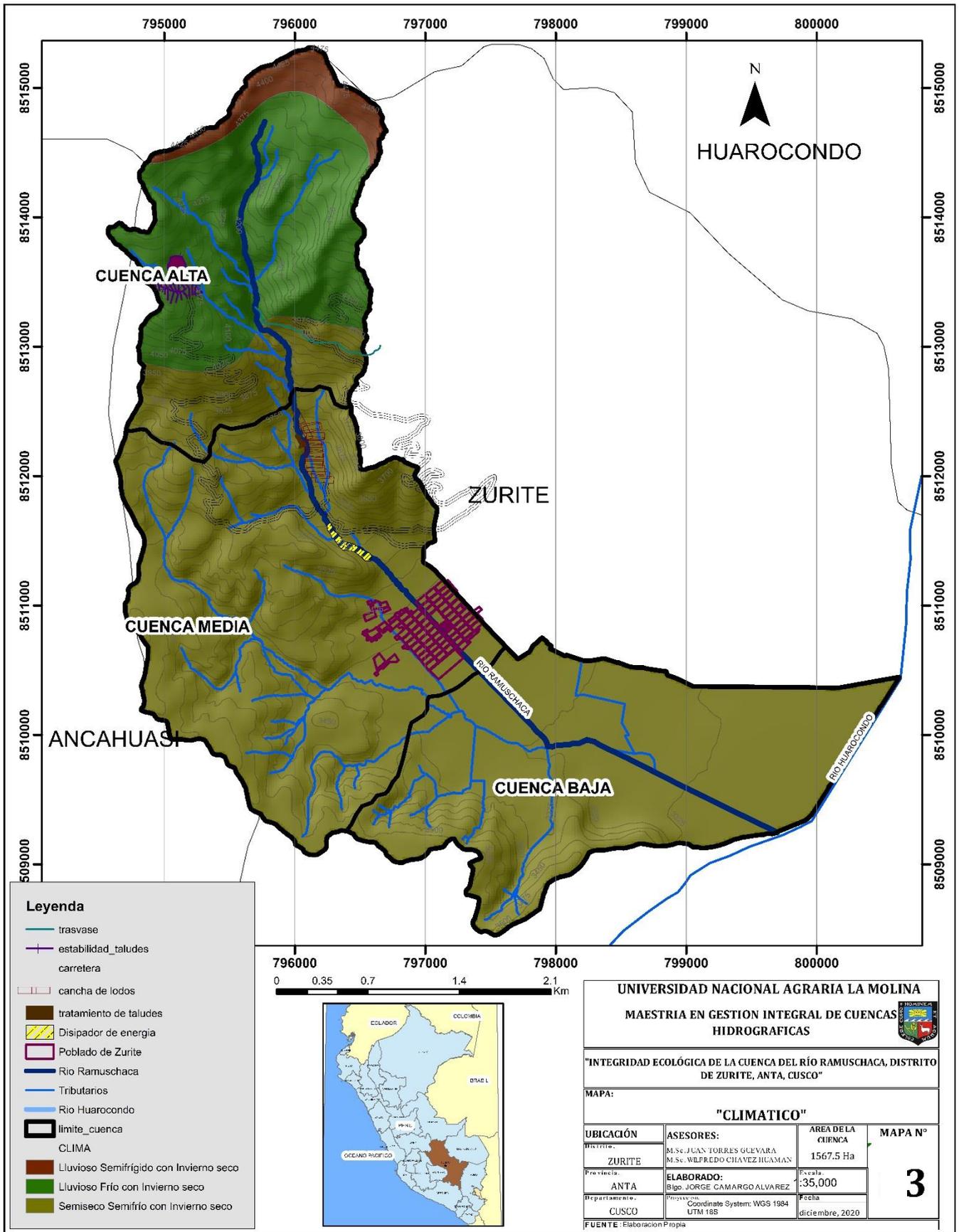


Figura 24: Mapa climático de la cuenca del río Ramuschaca

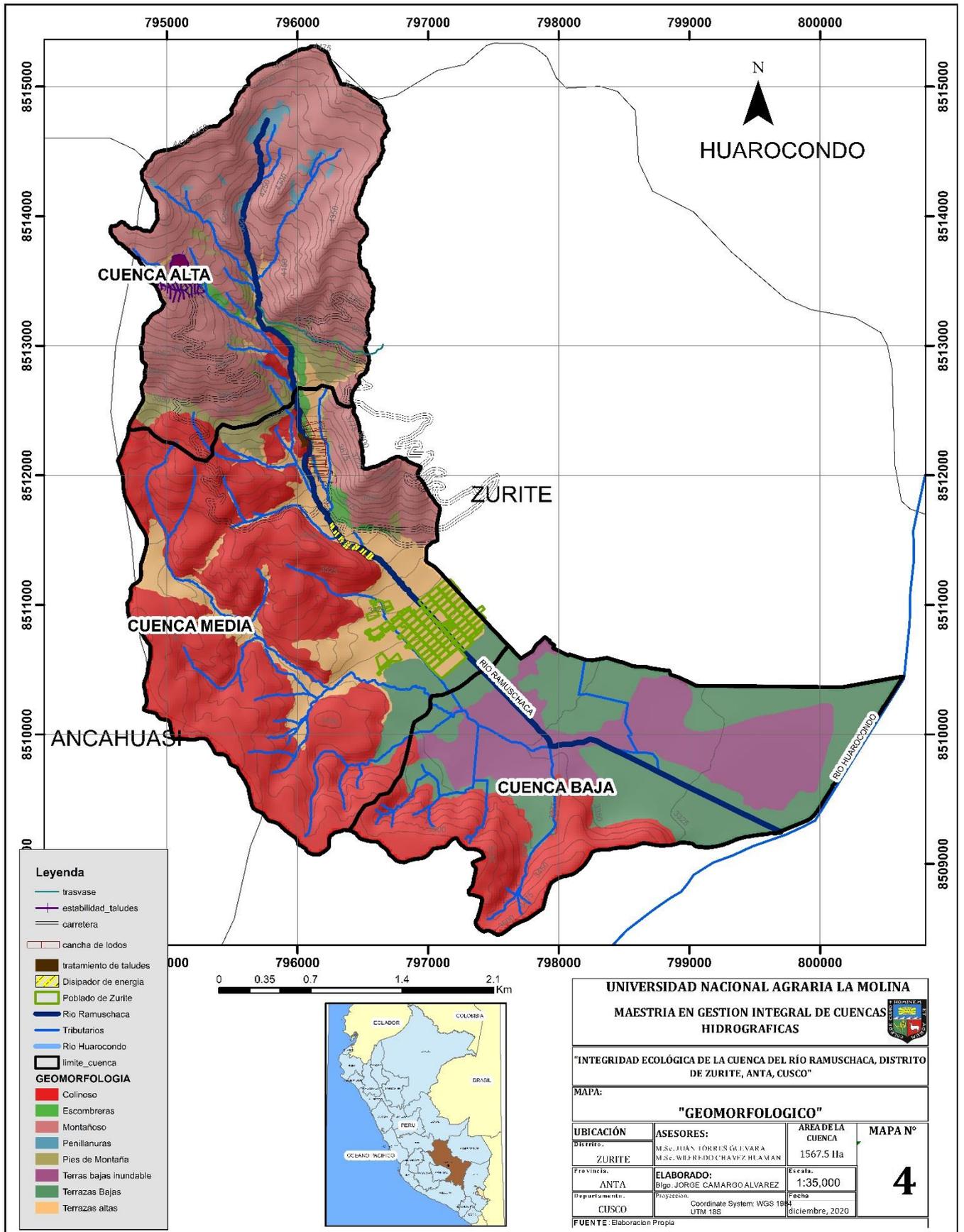


Figura 25: Mapa geomorfológico de la cuenca del río Ramus Chaca

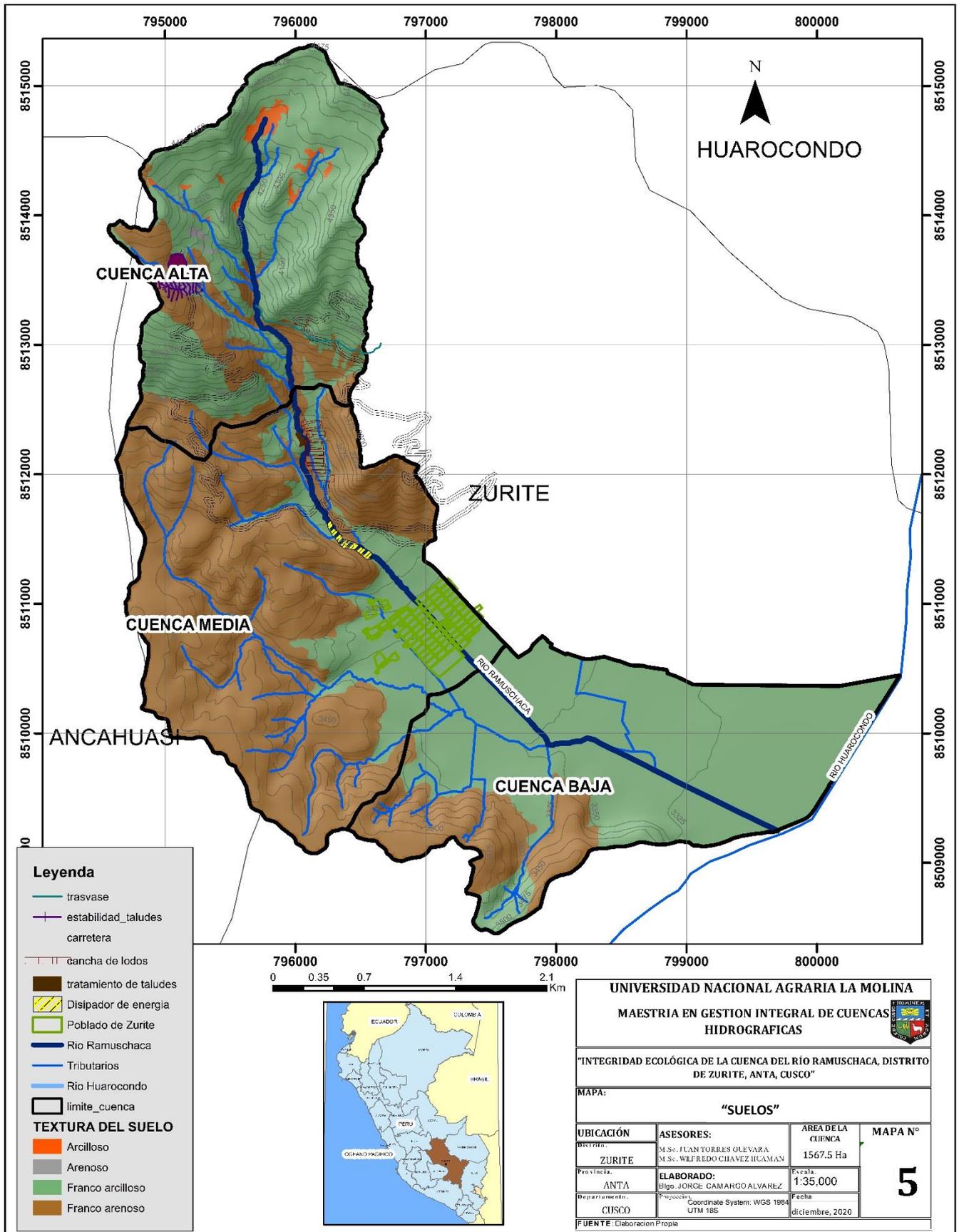


Figura 26: Mapa de suelos de la cuenca del río Ramuschaca

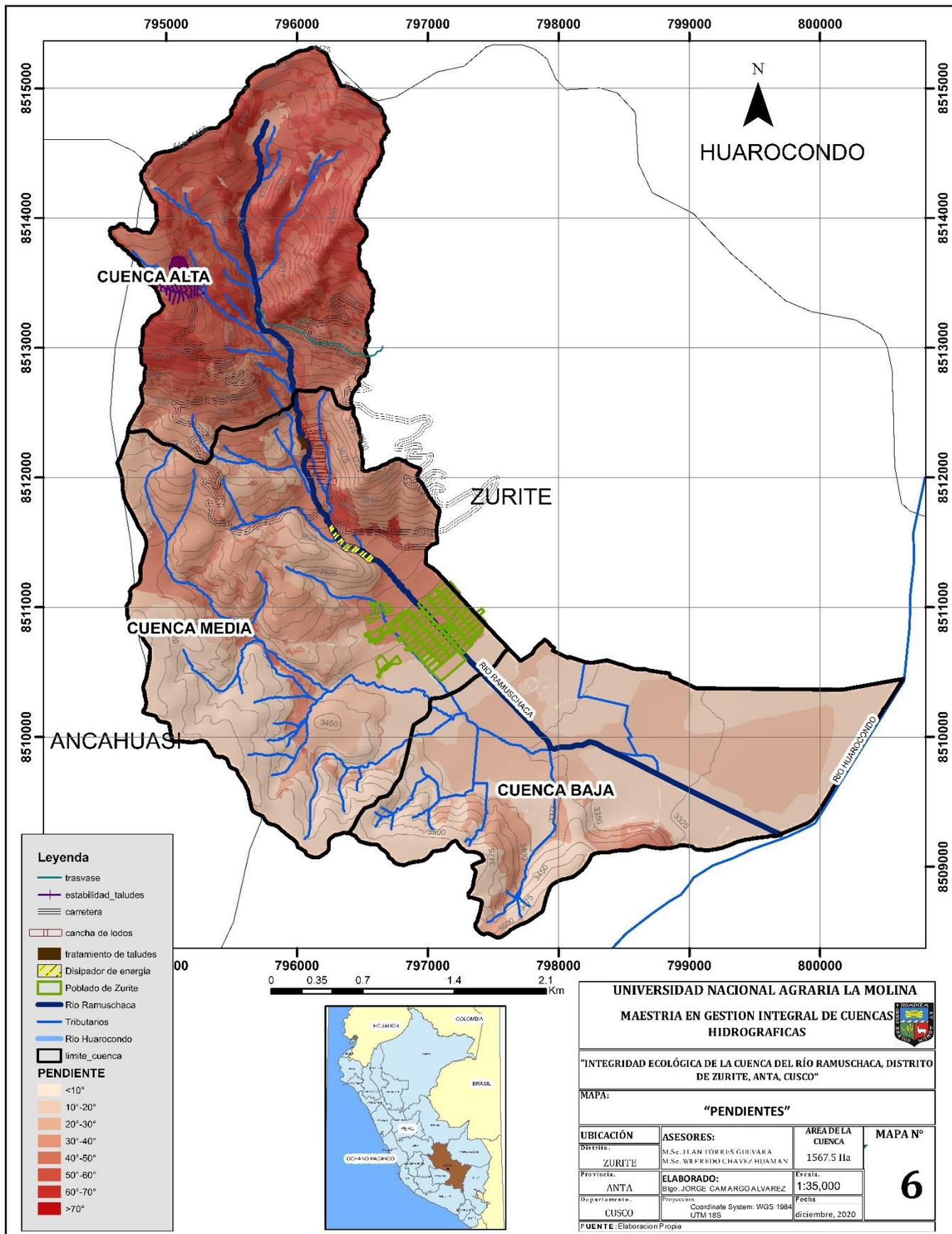


Figura 27: Mapa de pendientes de la cuenca del río Ramuschaca

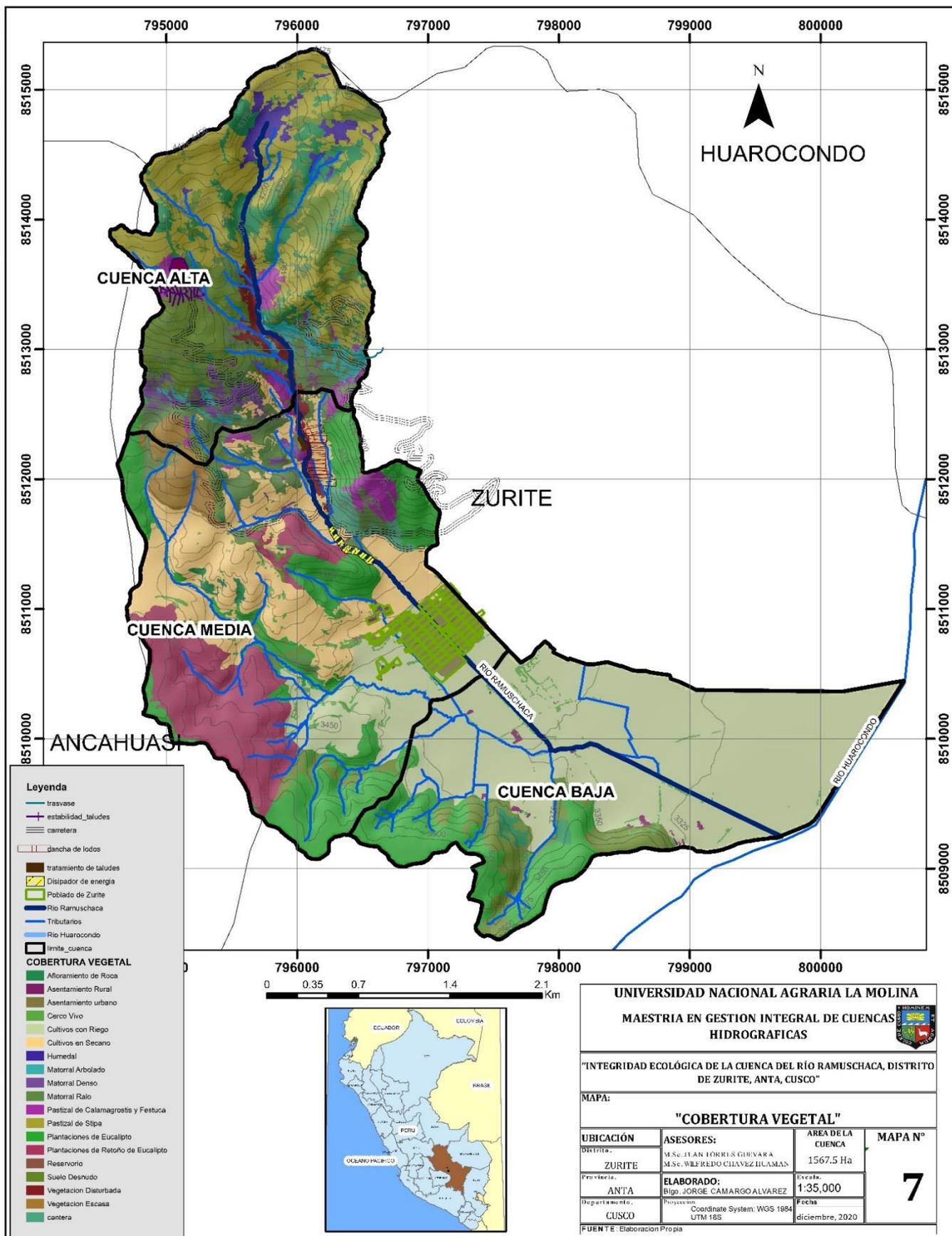


Figura 28: Mapa de cobertura vegetal de la cuenca del río Ramuschaca

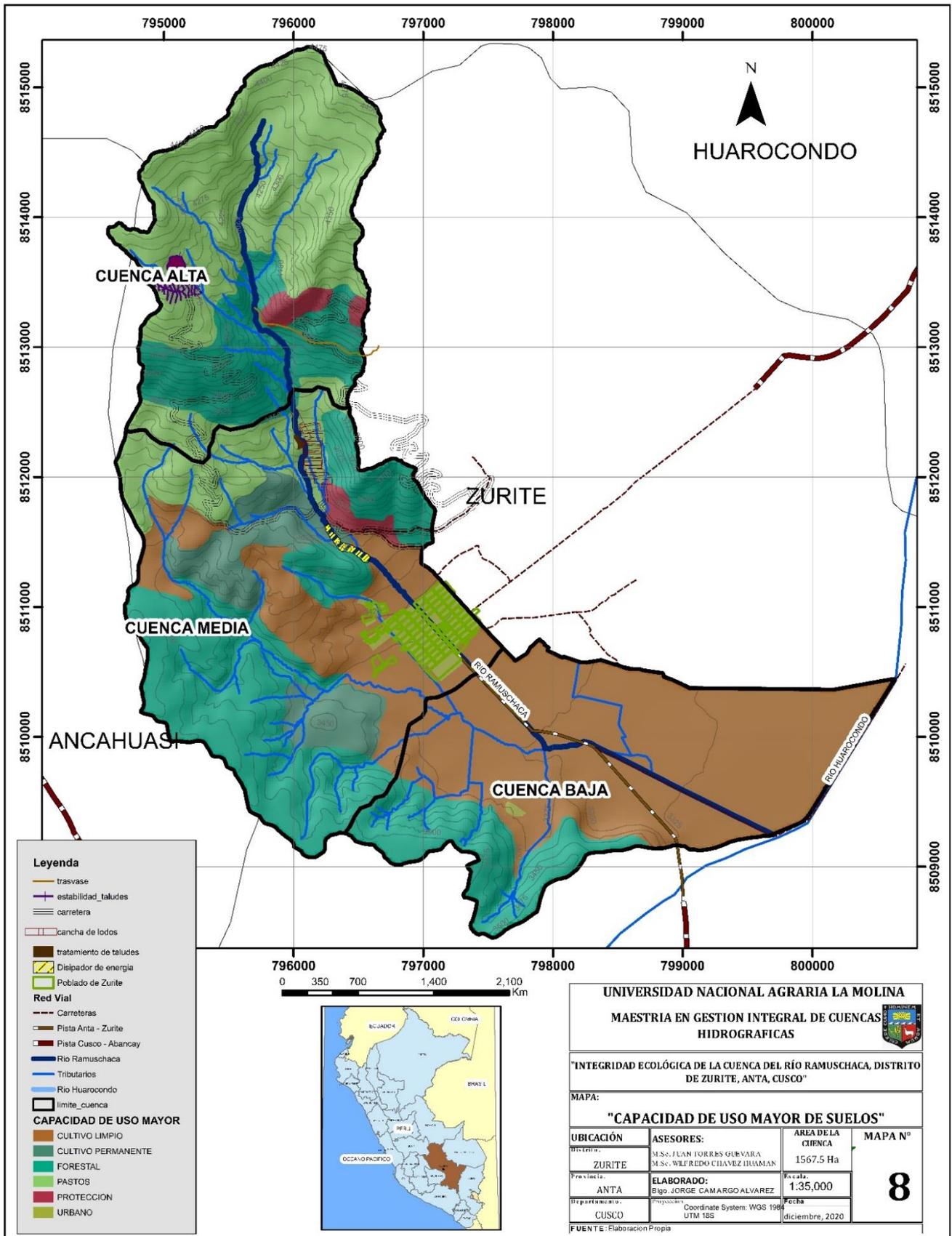


Figura 29: Mapa de capacidad de uso mayor de suelos de la cuenca del río Ramuschaca

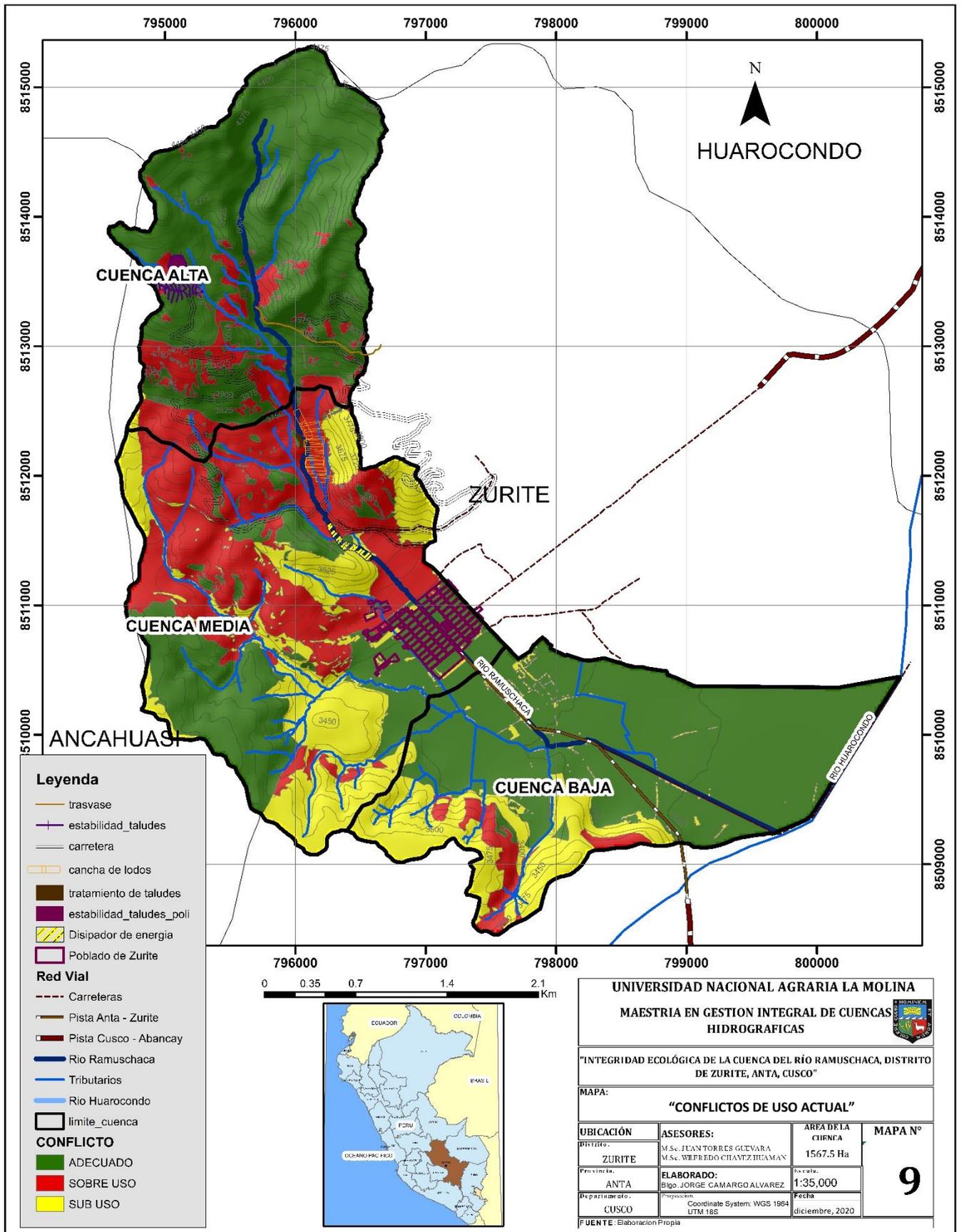


Figura 30: Mapa de conflictos de uso actual de la cuenca del río Ramuschaca

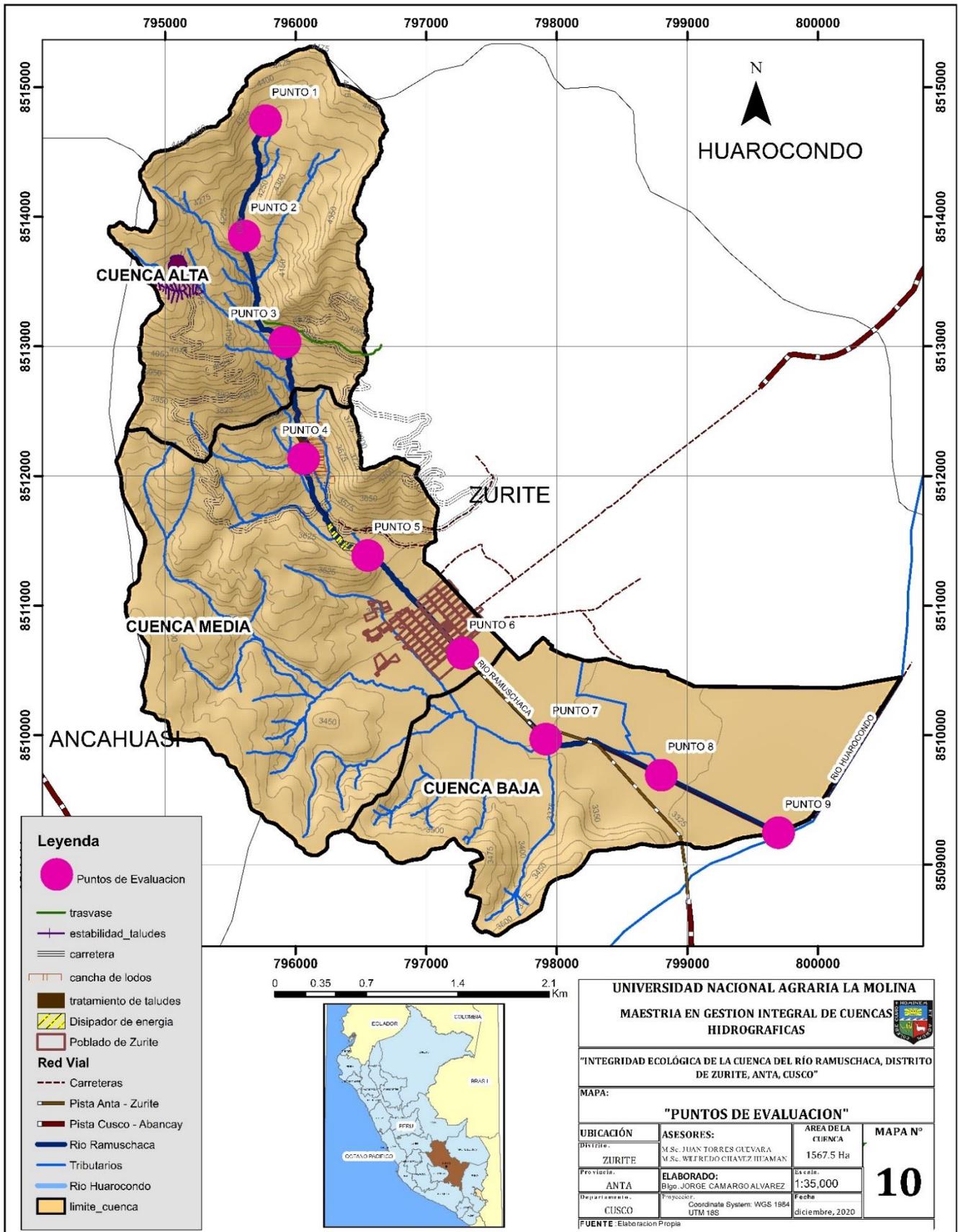


Figura 31: Mapa de puntos de evaluación de la cuenca del río Ramuschaca

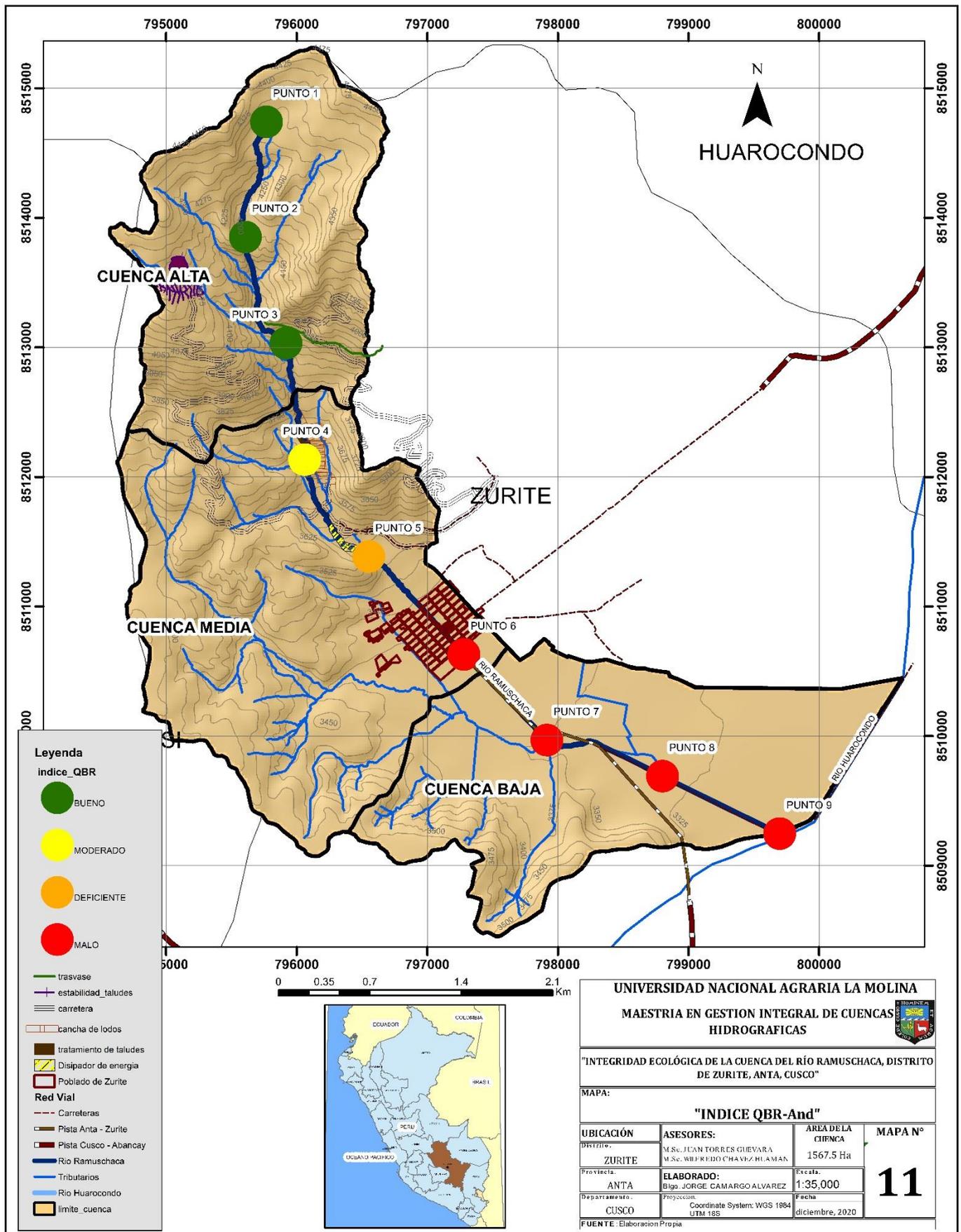


Figura 32: Mapa del Índice de Calidad de Ribera de la cuenca del río Ramuschaca

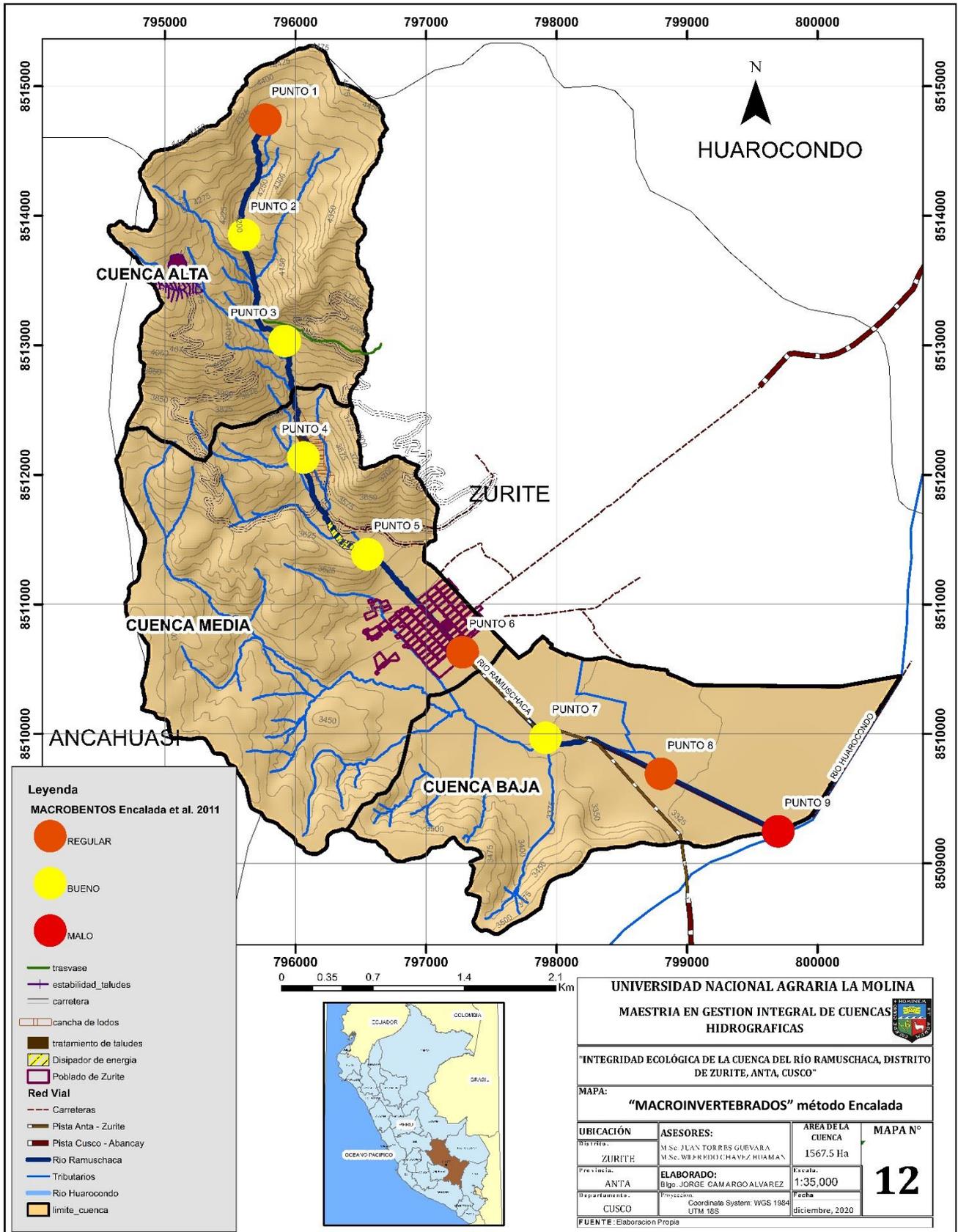


Figura 33: Mapa de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica de la cuenca del río Ramuschaca – método Encalada

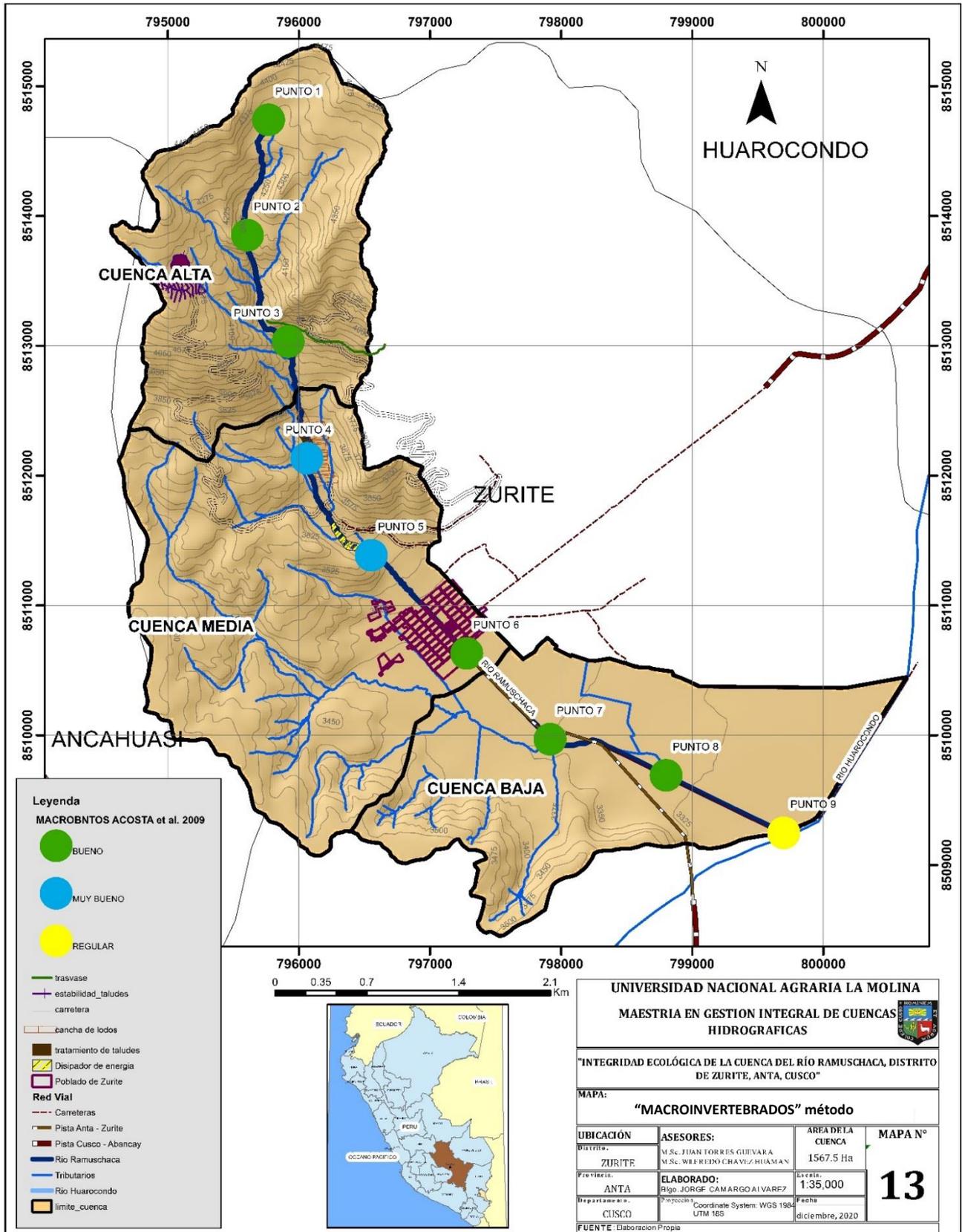


Figura 34: Mapa de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad ecológica y biológica de la cuenca del río Ramuschaca – método Acosta

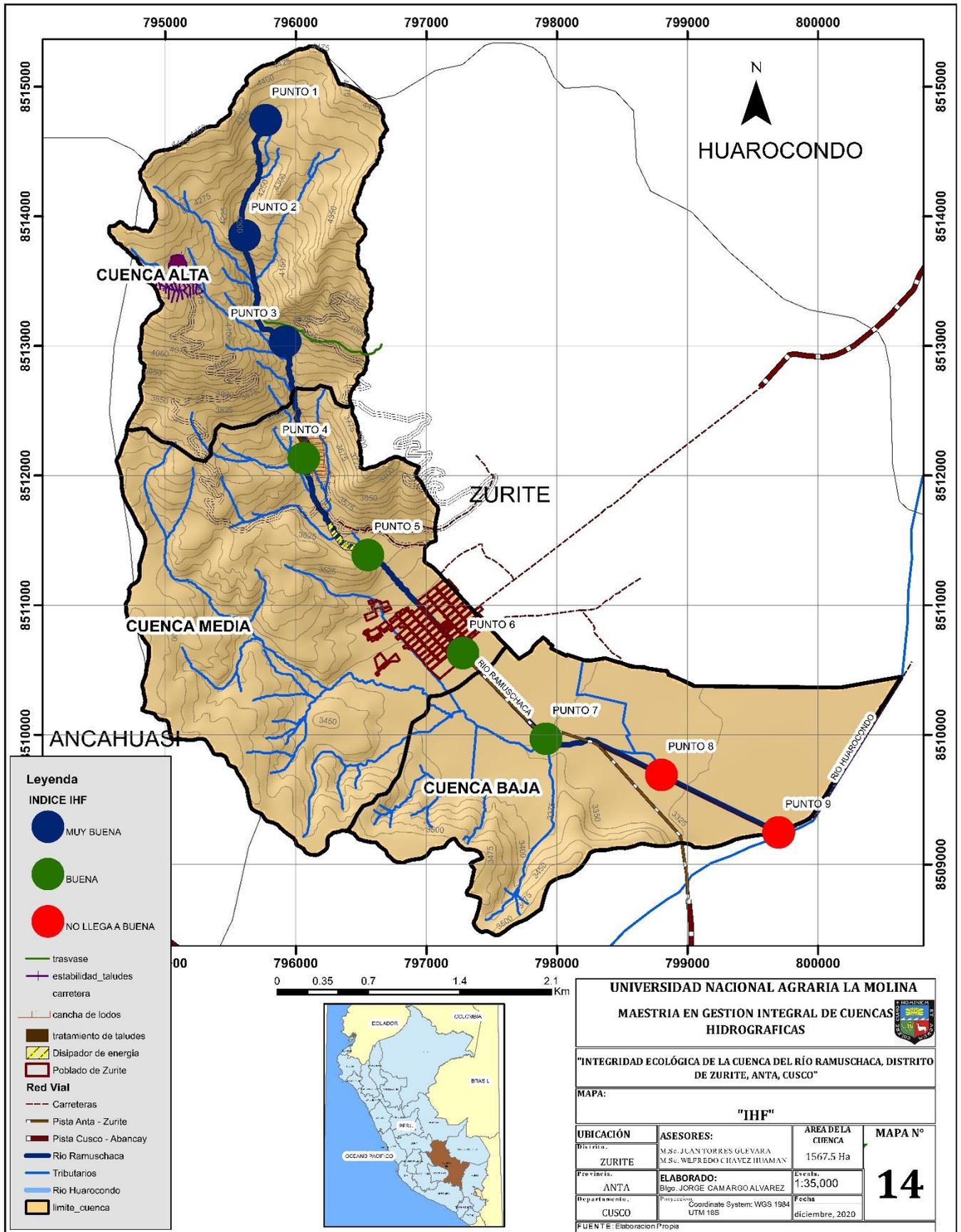


Figura 35: Mapa del Índice de Hábitat Fluvial de la cuenca del río Ramuschaca

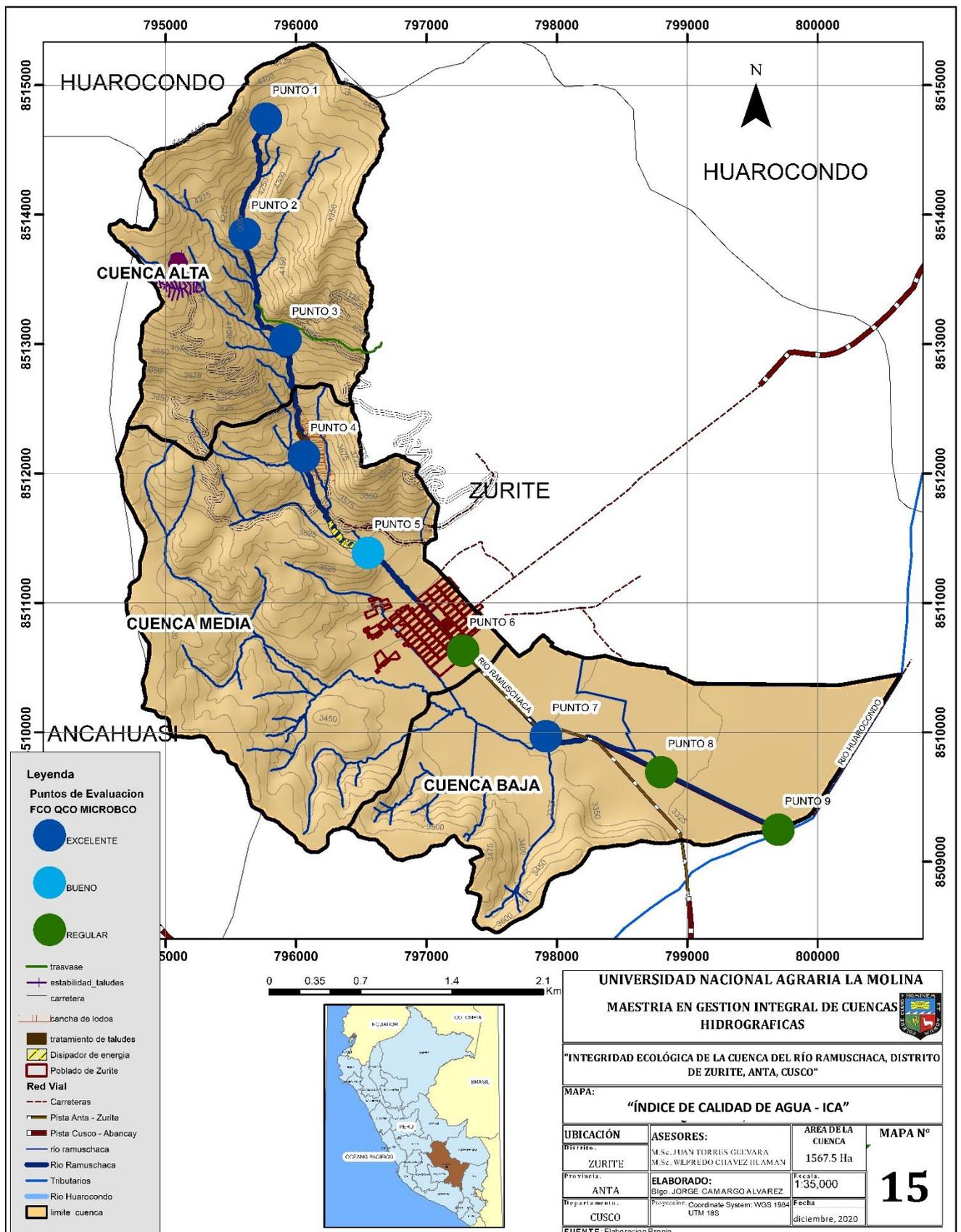


Figura 36: Mapa de calidad de agua del índice de Calidad de Agua (ICA) de la cuenca del río Ramuschaca

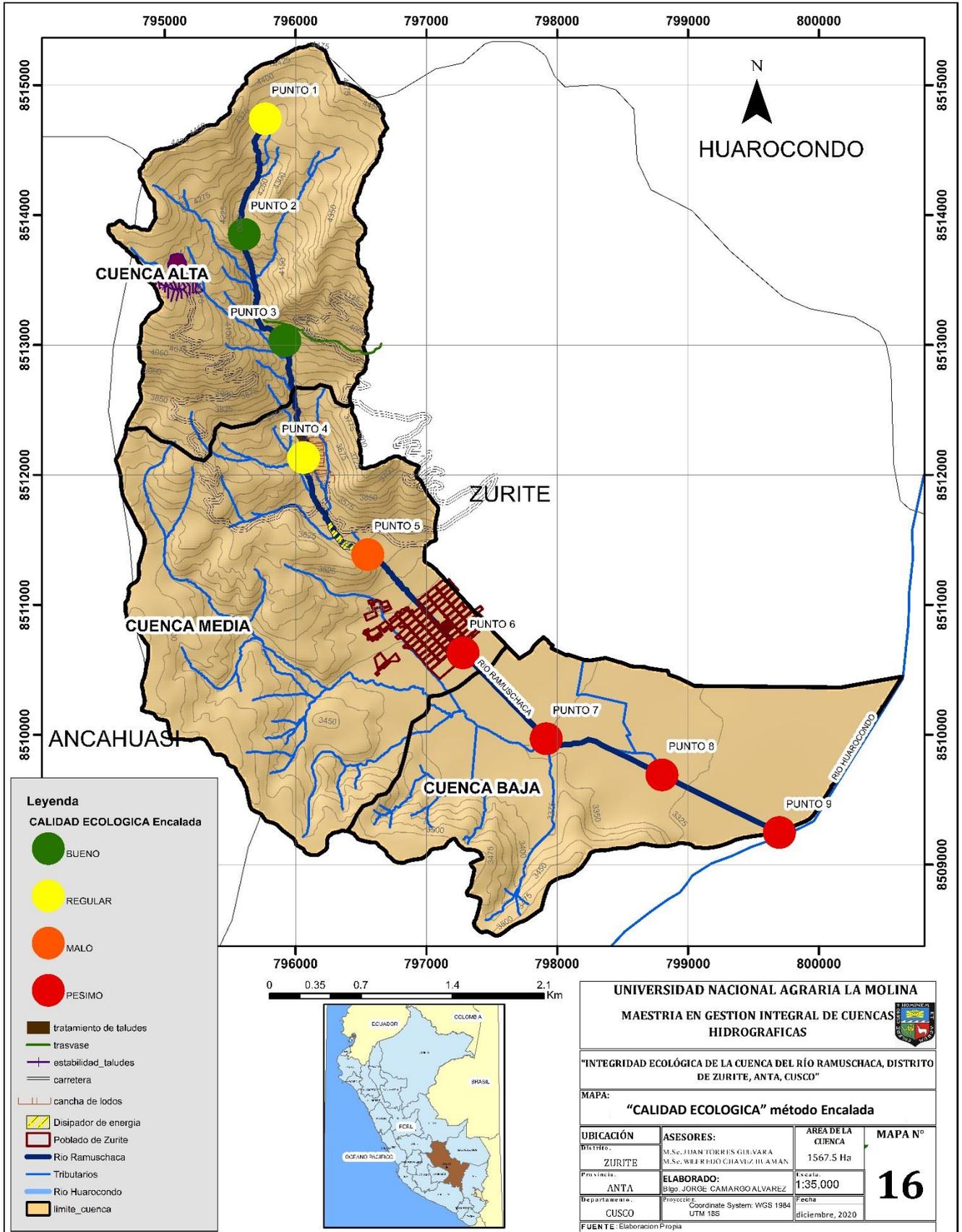


Figura 37: Mapa calidad ecológica cuenca del río Ramuschaca – método Encalada

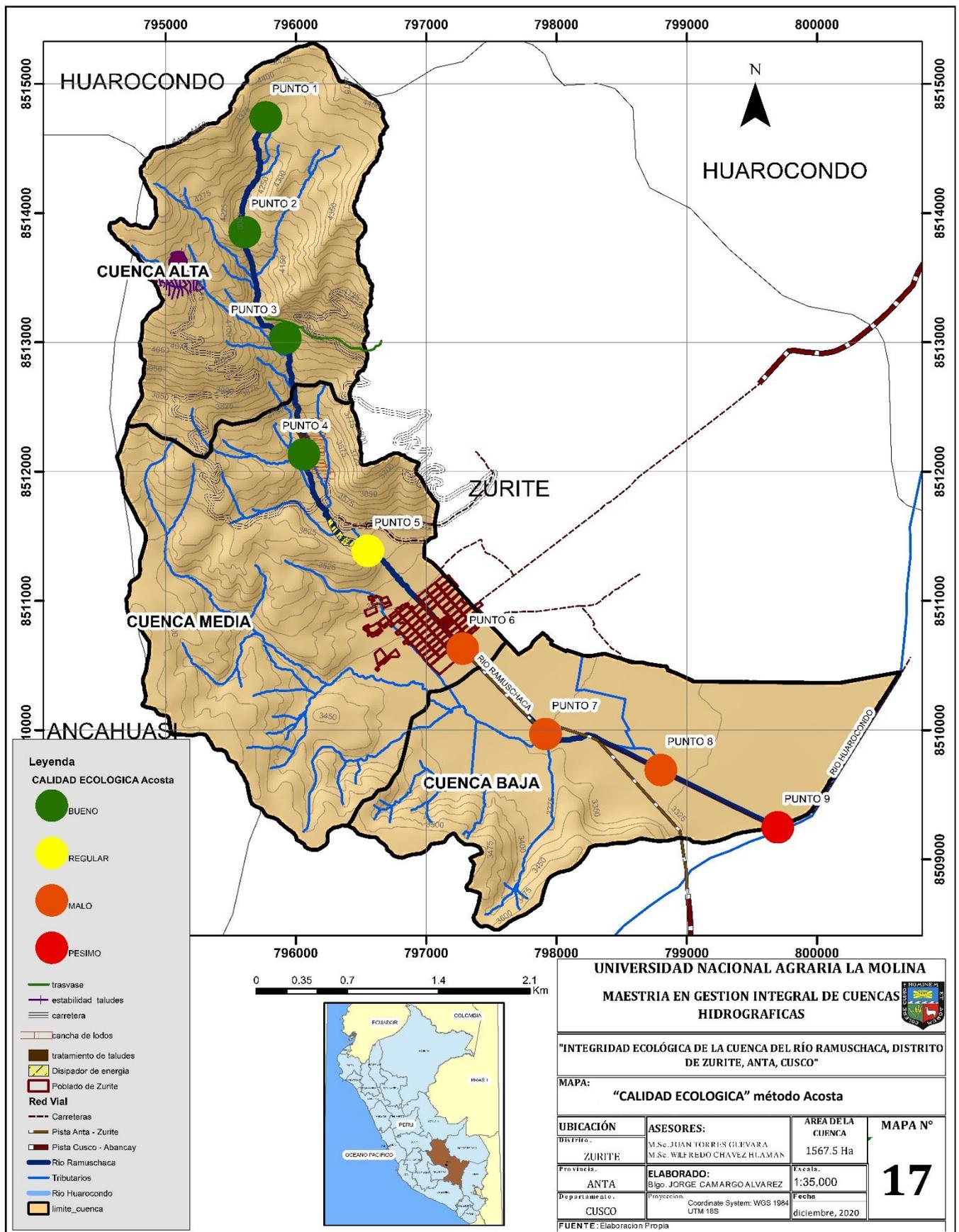


Figura 38: Mapa calidad ecológica cuenca del río Ramuschaca – método Acosta

Anexo 6: Panel fotográfico de la visita de campo de los nueve puntos de la cuenca del río ramuschaca



Figura 39: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (4350 m.s.n.m.) - Punto 1



Figura 40: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (4178 m.s.n.m.) - Punto 2



Figura 41: Vistas de la cuenca alta del río Ramuschaca (3907 m.s.n.m.) - Punto 3



Figura 42: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3665 m.s.n.m.) - Punto 4



Figura 43: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3550 m.s.n.m.) - Punto 5



Figura 44: Vistas de la cuenca media del río Ramuschaca (3400 m.s.n.m.) - Punto 6



Figura 45: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3356 m.s.n.m.) - Punto 7



Figura 46: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3335 m.s.n.m.) - Punto 8



Figura 47: Vistas de la cuenca baja del río Ramuschaca (3325 m.s.n.m.) - Punto 9