

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE GRUPOS TAXONÓMICOS A NIVEL FAMILIA EN LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

RODRIGO MARCELO ALBÁN VACA
rodrigo.alban@epn.edu.ec

EDISON XAVIER GUALLICHICO CAIZATOA
edison.guallichico@epn.edu.ec

DIRECTOR: M.SC. ING. NATHALIA TERESA VALENCIA BONILLA
nathalia.valencia@epn.edu.ec

CODIRECTOR: PhD. BONILLA BOLAÑOS ANDREA GABRIELA
andrea.bonilla@epn.edu.ec

Quito, noviembre 2019

DECLARACIÓN

Nosotros, Rodrigo Marcelo Albán Vaca y Edison Xavier Guallichico Caizatoa, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente.

**RODRIGO MARCELO
ALBÁN VACA**

**EDISON XAVIER
GUALLICHICO CAIZATOA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rodrigo Marcelo Albán Vaca y Edison Xavier Guallichico Caizatoa bajo nuestra supervisión.

M.SC. NATHALIA VALENCIA BONILLA
DIRECTORA DEL PROYECTO

PhD. ANDREA BONILLA BOLAÑOS
CODIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y la conciencia, que me permite ser la persona que soy ahora.

A mis padres, por ser el pilar detrás de cada etapa en mi vida y partícipes fundamentales de mi desarrollo como profesional. Y, sobre todo por enseñarme con su ejemplo intachable, que no existen limitantes los cuales impidan conseguir con dedicación, sencillez, paciencia, perseverancia, pasión y amor, lograr una meta e ir por más. A mi hermano menor, por ser el motor que me impulsa a no rendirme y ser mejor cada día.

A mis tíos maternos: Gloria, Jaime, Elécio, Fredy, Efraín y Alejandro, por velar de mi familia y mi progreso desde la niñez hasta la culminación de cada etapa en mi vida. A pesar de la distancia, siempre me han demostrado que el amor de familia trasciende cualquier barrera. A mis tíos paternos: Jorge, Blanqui, Rosita y Fausto, por cuidarme, aconsejarme, brindarme su calor, su alegría, honestidad y unión familiar.

A mis amigos, que he forjado durante este camino universitario y se han convertido mi segunda familia: Nicol, Lichita, Vanne, Andrés, Edison, Vale, Bra, Hamilton, Yadi, Katy y Gaby. Su amistad es la mayor joya que llevo conmigo y les deseo lo mejor en sus vidas.

Agradezco de manera especial, a mi directora de tesis la M.Sc. Ing. Nathalia Valencia y al M. Sc. Vladimir Carvajal, por encaminarme durante este trayecto y saber brindarme sus conocimientos para la mejor realización de los objetivos de este proyecto de titulación.

RODRIGO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme la oportunidad de estar en este mundo, en especial por darme a mi Madre, María Mercedes, quien con su apoyo y cariño incondicional me ha enseñado que no importa cuán difícil sea el camino, siempre hay una razón para seguir adelante.

A Andrea y Norma, por su apoyo fundamental y muy importante en el desarrollo de todo este trayecto universitario.

A Rodrigo, por ser una persona excepcional, de esas que ya no se encuentran hoy en día, pero sobre todo por ser el mejor compañero, amigo y hermano que la vida me regalo en esta etapa que culmina.

A mis amigos: Andrés, Nicole, Carito, María José, Lichita, Vane, Vale, Gabriela T. Sin duda coincidir en esta vida con ellos, es ese tesoro invaluable llamado amistad. Y de manera especial a Mishell por haber llegado en un momento muy difícil de mi vida y ser un apoyo emocional muy importante.

Profundo y total agradecimiento para: M. Sc. Ing. Nathalia Valencia, directora de este proyecto de titulación, al M. Sc. Vladimir Carvajal, por su soporte y conocimientos y confianza brindados al desarrollo de este proyecto de titulación. Y de igual manera al Ing. Hamilton Mosquera por el apoyo y consejos brindados hacia nosotros.

DEDICATORIA

A mi madre, mujer maravillosa e intachable, para que su esfuerzo e inspiración se vean reflejado en mi toda la vida.

A mi padre, hombre amoroso y alegre, por su paciencia y apoyo incondicional a pesar de cualquier limitante.

A mi abuelita rosita, mujer trabajadora y encantadora, imposible describir la dicha que tuve en esta vida al tenerte junto a mí.

A mi abuelito ángel, hombre pujante y admirable, imposible describir lo mucho que aprendí a tu lado, y sobre lo que tu ser influyo en mí.

RODRIGO

DEDICATORIA

Para Aned, María Mercedes y Carmen, por ser mi gran fuerza, el motivo y la razón de mi vida.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XVIII
ÍNDICE FOTOGRÁFICO	XX
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXII
PRESENTACIÓN	XXIII
CAPÍTULO 1	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 ALCANCE	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3

CAPÍTULO 2	5
MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	5
2.1 MARCO TEÓRICO	5
2.1.1 RÍO CONTINUO	5
2.1.1.1 Caracterización y funcionamiento de los ríos	5
2.1.1.2 Servicios de los ecosistemas fluviales.....	8
2.1.1.3 Perturbaciones antropogénicas	8
2.1.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	9
2.1.2.1 Características generales	9
2.1.2.2 Grupos funcionales tróficos de macroinvertebrados (GFT)	14
2.1.2.3 Abundancia Relativa de macroinvertebrados	16
2.1.2.4 Afinidad de macroinvertebrados en función de los cambios de uso de suelo	17
2.1.2.5 Influencia del Gradiente Altitudinal en las comunidades de macroinvertebrados.....	18
2.2. ESTADO DEL ARTE.....	21
2.2.1 ESTUDIOS DE MACROINVERTEBRADOS EN EL ECUADOR.....	21
CAPÍTULO 3	24
METODOLOGÍA.....	24
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	24
3.1.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	24
3.1.2 DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA GENERAL	25
3.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES USOS DE SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	33
3.1.4 TRATAMIENTO DE DATOS HISTÓRICOS.....	35

3.2 CAMPAÑA DE MUESTREO	40
3.2.1 ESTACIÓN DE MUESTREO	41
3.2.2 DISEÑO DE MUESTREO	41
3.2.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO	43
3.2.3.1 PARÁMETROS IN-SITU.....	43
3.2.3.2 PARÁMETROS EX-SITU	44
3.2.4 MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	45
3.3 TRATAMIENTO DE DATOS	46
3.3.1 DEPENDENCIA ENTRE VARIABLES CATEGORICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	47
CAPÍTULO 4	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	49
4.1.2 ESTADO DEL PUNTO DE VERIFICACIÓN	49
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
4.2.1 ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS DE ACUERDO CON EL GRADIENTE ALTITUDINAL.....	50
4.2.2 ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	72
4.2.2.1 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 10 del índice BMPW	72
4.2.2.2 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 9 del índice BMPW	80
4.2.2.3 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 2 del índice BMPW	85

4.2.2.4 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 1 del índice BMPW	86
4.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS	88
4.3 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS	90
4.3.1 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE USO DE SUELO Y LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS.....	92
CAPÍTULO 5	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1 CONCLUSIONES.....	101
5.2 RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	114
ANEXO N° 1.....	115
ANEXO 1 MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	116
ANEXO N° 2.....	117
ANEXO 2.1 MAPA DE USOS DE SUELO PARA LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA	118
ANEXO 2.2 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ÁREAS PROTEGIDAS	119
ANEXO 2.3 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN COBERTURA VEGETAL.....	120
ANEXO 2.4 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN SUELO AGRÍCOLA	121
ANEXO 2.5 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ZONA POBLADA.....	122

ANEXO N° 3.....	123
ANEXO 3 FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN EL PUNTO DE VERIFICACIÓN MOLINUCO	124
ANEXO N° 4.....	126
ANEXO 4.1 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN EPHEMEROPTERA	127
ANEXO 4.2 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN EPHEMEROPTERA	128
ANEXO 4.3 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN PLECOPTERA.....	129
ANEXO 4.4 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	130
ANEXO 4.5 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	131
ANEXO 4.6 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	132
ANEXO 4.7 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	133
ANEXO 4.8 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	134
ANEXO 4.9 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA	135
ANEXO 4.10 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	136
ANEXO 4.11 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	137
ANEXO 4.12 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	138
ANEXO 4.13 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	139
ANEXO 4.14 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	140

ANEXO 4.15 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	141
ANEXO 4.16 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA.....	142
ANEXO 4.17 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA	143
ANEXO 4.18 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA	144
ANEXO 4.19 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA	145
ANEXO 4.20 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN ODONATA	146
ANEXO 4.21 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN ODONATA	147
ANEXO 4.22 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN HEMIPTERA.....	148
ANEXO 4.23 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN LEPIDOPTERA Y MEGALOPTERA	149
ANEXO 4.24 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO MOLLUSCA	150
ANEXO 4.25 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO MOLLUSCA	151
ANEXO 4.26 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE LA CLASE MALACOSTRACA	152
ANEXO 4.27 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO ANNELIDA	153
ANEXO 4.28 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO ANNELIDA	154
ANEXO 4.29 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICLADIDA	155
ANEXO N° 5.....	156
ANEXO 5 PUNTUACIONES DE SENSIBILIDAD DEL BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP) PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	157

ANEXO N° 6.....	158
ANEXO 6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	159
ANEXO 6.2 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE GFA EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA	161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Concepto del Río Continuo	6
FIGURA 2.2 Curvas acumuladas de número de familias de macroinvertebrados pérdidas y ganadas en el rango altitudinal.....	19
FIGURA 2.3 Histograma de estudios de macroinvertebrados realizados en el Ecuador	23
FIGURA 3.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio	25
FIGURA 3.2 Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Guayllabamba.....	26
FIGURA 3.3 Ubicación del punto de verificación “Molinuco”	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 PRINCIPALES GRUPOS DE NO INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS	10
TABLA 2.2 PRINCIPALES GRUPOS INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS DE BUENA CALIDAD ECOLÓGICA	11
TABLA 2.3 PRINCIPALES GRUPOS DE INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS	12
TABLA 2.4 RANGOS ALTITUDINALES PARA FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS	20
TABLA 3.1 UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA	26
TABLA 3.2 CORDENADAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO DEL FLANCO DE LA COORDILLERA ORIENTAL DE LA CUENCA.....	27
TABLA 3.3 CORDENADAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO DE LA ESTRIBACIÓN SUR-ORIENTAL DE LA CUENCA	28
TABLA 3.4 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTRIBACIÓN ORIENTAL DE LA CUENCA.....	28
TABLA 3.5 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL VALLE CENTRAL DE LA CUENCA, SECTOR PASOCHOA	29
TABLA 3.6 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL VALLE CENTRAL DE LA CUENCA	29
TABLA 3.7 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL FLANCO OCCIDENTAL DE LA CUENCA	31
TABLA 3.8 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ESTRIBACIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA.....	31
TABLA 3.9 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ESTRIBACIÓN NOR-OCCIDENTAL DE LA CUENCA.....	32
TABLA 3.10 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL PIE DE MONTAÑA OCCIDENTAL DE LA CUENCA	32

TABLA 3.11 CLASIFICACION DE USOS DE SUELO NIVEL I Y NIVEL II.....	33
TABLA 3.12 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA.....	34
TABLA 3.13 DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO EN LA CUENCA DEL RIO GUAYLLABAMBA PARA EL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES	35
TABLA 3.14 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ÁREAS PROTEGIDAS.....	37
TABLA 3.15 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN COBERTURA VEGETAL	38
TABLA 3.16 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN SUELO AGRÍCOLA.....	39
TABLA 3.17 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ZONAS POBLADAS.....	40
TABLA 3.18 COORDENADA DEL PUNTO DE MUESTRA.....	42
TABLA 3.19 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO.....	44
TABLA 3.20 METODO DE ANALISIS DE LABORATORIO.....	45
TABLA 4.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PUNTO DE VERIFICACIÓN.....	49
TABLA 4.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PUNTO DE VERIFICACIÓN.....	50
TABLA 4.3 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN EPHEMEROPTERA.....	51
TABLA 4.4 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN PLECOPTERA.....	53
TABLA 4.5 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN TRICHOPTERA.....	54
TABLA 4.6 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN DIPTERA.....	57

TABLA 4.7 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN COLEOPTERA.....	61
TABLA 4.8 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN ODNATA	63
TABLA 4.9 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN HEMIPTERA	64
TABLA 4.10 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN LEPIDOPTERA Y MEGALOPTERA.....	65
TABLA 4.11 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL FILO MOLLUSCA	66
TABLA 4.12 RANGOS ALTITUDINALES PARA LA CLASE MALACOSTRACA.....	67
TABLA 4.13 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL FILO ANNELIDA	68
TABLA 4.14 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN TRICLADIDA.....	69
TABLA 4.15 NÚMERO DE ORGANISMOS REGISTRADOS POR GRADIENTE ALTITUDINAL SEGÚN EL ORDEN.....	70
TABLA 4.16 ABUNDANCIA RELATIVA SEGÚN EL ORDEN	71
TABLA 4.17 ABUNDANCIA RELATIVA SEGÚN EL GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS (GFTs).....	88
TABLA 4.18 TABLA DE FRECUENCIAS DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS RESPECTO AL USO DE SUELO.....	91
TABLA 4.19 TABLA RESUMEN DE CONTRIBUCIONES TOTALES A CADA DIMENSIÓN.....	93
TABLA 4.20 EXAMEN DE LOS PUNTOS DE COLUMNA: CONTRIBUCIONES TOTALES Y RELATIVAS DE LOS PERFILES DE COLUMNA	94
TABLA 4.21 EXAMEN DE LOS PUNTOS DE FILA: CONTRIBUCIONES TOTALES Y RELATIVAS DE LOS PERFILES DE FILA.....	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA ANOMALOPSYCHIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	73
GRÁFICO 4.2 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA BLEPHAROCERIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	73
GRÁFICO 4.3 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA CALAMOCERATIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	74
GRÁFICO 4.4 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GLOSSOSOMATIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	75
GRÁFICO 4.5 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GLILOPTERYGIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	75
GRÁFICO 4.6 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HYDROPTILIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	76
GRÁFICO 4.7 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA ODONTOCERIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO.....	77
GRÁFICO 4.8 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA OLIGONEURIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	77
GRÁFICO 4.9 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PERLIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	78
GRÁFICO 4.10 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA POLYTHORIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	79
GRÁFICO 4.11 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PSEPHENIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	79
GRÁFICO 4.12 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PTILODACTYLIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO.....	80
GRÁFICO 4.13 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GOMPHIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	81
GRÁFICO 4.14 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HYDROBIOSIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO.....	81

GRÁFICO 4.15 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA.....	
LEPTOPHLEBIIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO.....	82
GRÁFICO 4.16 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA	
PHILOPOTAMIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO.....	83
GRÁFICO 4.17 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA SCIRTIDAE EN	
FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	84
GRÁFICO 4.18 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA SIMULIIDAE EN	
FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	84
GRÁFICO 4.19 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA CHIRONOMIDAE	
EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	85
GRÁFICO 4.20 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HAPLOTAXIDAE	
EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	86
GRÁFICO 4.21 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA TUBIFICIDAE EN	
FUNCIÓN DEL USO DE SUELO	87
GRÁFICO 4.22 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS	
VARIABLES CATEGÓRICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE	
MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE	
PRESENCIA.....	97
GRÁFICO 4.23 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS	
VARIABLES CATEGÓRICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE	
MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA ...	100

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA 3.1 ESTACIÓN DE REFERENCIA	43
FOTOGRAFÍA 3.2 MEDICIÓN PARAMETROS IN-SITU	44
FOTOGRAFÍA 3.3 MEDICIÓN PARAMETROS EX-SITU	45
FOTOGRAFÍA 3.4 IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LABORATORIO	46

RESUMEN

La presente investigación muestra un estudio sobre la variabilidad de la estructura y distribución de macroinvertebrados acuáticos, asociada a la variabilidad altitudinal y cambios de usos de suelo que presenta la cuenca del río Guayllabamba, ubicada en la provincia de Pichincha, Ecuador.

Para este fin, se depuró la información de la base de datos histórica recopilada por el Museo de Historia Natural “Gustavo Orcés, V.”, de la Escuela Politécnica Nacional. Adicionalmente, se recopiló información externa de investigaciones biológicas, con lo cual se recolectó un total de 96 puntos de muestreo, repartidos a lo largo del gradiente altitudinal, entre los 470 a 4000 m.s.n.m., en un periodo temporal de 2011 a 2018.

Luego del tratamiento de la información, se logró identificar a 61 familias de macroinvertebrados presentes en la cuenca de estudio. Mediante la aplicación del software “ARCGIS Versión 10,1” (ESRI, 2018), se procedió a la georreferenciación y elaboración de mapas de distribución altitudinal para cada familia y su posterior análisis. Además, se determinó la variabilidad de los grupos funcionales tróficos (GFT) característicos de distintos tramos de la cuenca.

Con la ubicación geográfica de los puntos de muestreo y la clasificación de uso de suelo elaborada por MAE-MAGAP (2015), se estableció la asociación de los macroinvertebrados bentónicos respecto al tipo de suelo clasificado por; (1) Área Protegida, (2) Cobertura Vegetal, (3) Suelo Agrícola y (4) Zona Poblada. Mediante el uso de tablas cruzadas en el programa SPSS, con la técnica estadística gráfica descriptiva de Análisis de Correspondencia (ACO) se resumió de forma gráfica el compilado de datos. Con lo cual, se relacionó la dependencia de la frecuencia y abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados, respecto a su aparición en un determinado tipo de suelo.

Palabras Clave: macroinvertebrados, grupos funcionales tróficos (GFT), altitud, uso de suelo, análisis de correspondencias (ACO).

ABSTRACT

The aim of was to establish the variability of the structure and distribution of aquatic macroinvertebrates, associated with the altitudinal gradient and changes in land uses presented by the Guayllabamba river basin, located in the province of Pichincha, Ecuador.

For this purpose, the information from the historical dataset compiled by the Natural History Museum “Gustavo Orcés, V.”, of the Escuela Politécnica Nacional was depurated. Additionally, external information was collected of several biological research done on the study area, a total of 96 sampling points were collected, over the altitudinal range from 470 to 4000 m a.s.l., in a time period since 2011 to 2018.

In the treatment of the information, 61 families of macroinvertebrates present in the study area were identified. By means of the application of the “ARCGIS” software, the geo-referencing and mapping of altitudinal distribution for each family and its subsequent analysis were carried out. In addition, the variability of the functional feeding groups (FFG) typical of different streams stretch of study area were determined.

With the geographical location of the sampling points and the land use classification supply by MAE-MAGAP (2015), an association was established between macroinvertebrates and land use category, classify by; (1) Protected Area, (2) Vegetation Cover, (3) Agricultural/pasture and (4) Urban Development. Through the use of contingency table in the SPSS program, the dataset was graphically summarized using the descriptive graphical statistical technique by Correspondence Analysis (ACO). In contrast, the dependence of the frequency and relative abundance of the macroinvertebrate families was related, with respect to their appearance on each type of soil.

Key words: macroinvertebrates, food feeding groups (FFG), altitude, land-use, correspondence analysis (CA).

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación incluye cinco capítulos, donde se evalúa la variabilidad de la estructura y distribución de macroinvertebrados acuáticos bentónicos, asociada a la variabilidad altitudinal y cambios de usos de suelo, en la cuenca del río Guayllabamba, utilizando registros históricos de la base de datos del área de invertebrados del departamento de biología de la Escuela Politécnica Nacional en el periodo de 2011 – 2018.

El primer capítulo detalla la temática sobre la cual se desarrolla el proyecto, se detallan los antecedentes, objetivos, alcance, y justificaciones.

El segundo capítulo presenta el marco teórico y estado del arte, el cual contiene aspectos generales del funcionamiento de los ecosistemas fluviales, particularmente el funcionamiento de los ríos como ecosistemas, donde se desarrollan las diferentes comunidades de macroinvertebrados bentónicos.

El tercer capítulo especifica la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos del presente proyecto de titulación. Se detalla la descripción y ubicación geográfica del área de estudio, la depuración de la información del registro histórico en diferentes campañas de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal.

El cuarto capítulo corresponde al análisis y discusión de resultados, así como representan los resultados obtenidos en campo y laboratorio; además de la descripción e interpretación de los resultados obtenidos.

Finalmente, el quinto capítulo detalla las conclusiones y recomendaciones con base en las experiencias y al desarrollo del este proyecto.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El efecto antropogénico modifica el ecosistema acuático y condiciona las estructuras de macroinvertebrados, de complejas y diversas en aguas limpias, a simples y de baja diversidad en aguas contaminadas (Roldán & Ramírez, 2008). Los macroinvertebrados son considerados bioindicadores y utilizados en protocolos de monitoreo debido a su amplia distribución y sensibilidad a la contaminación; reflejan condiciones locales y poseen ciclos de vida que permiten detectar cambios en su abundancia y diversidad (Álvarez, 2005; Ríos-Touma et al., 2014).

En ríos altoandinos, las comunidades de macroinvertebrados viven en constante estrés natural y antropogénico, ocasionado por la deficiencia de oxígeno. La variación natural en la saturación de oxígeno provoca cambios abruptos en la fauna de macroinvertebrados sensibles e indicadores de aguas limpias a grupos tolerantes de contaminación (Jacobsen, 2003b). De igual manera, el cambio de uso de suelo tiene un efecto, no del todo, claro en la composición y riqueza de macroinvertebrados (Jacobsen, 2003a).

Diferentes estudios se han empleado para comprender el comportamiento de los macroinvertebrados en el Ecuador. Jacobsen et al., (1997) y Jacobsen (2003a), estudiaron la estructura y diversidad de macroinvertebrados afectados por factores como; la variación altitudinal, la temperatura y la estacionalidad. A su vez, Bucker et al., (2010) y Monaghan et al., (2000) establecieron la influencia del cambio de uso de suelo en ríos de montaña.

La cuenca hidrográfica del río Guayllabamba es una zona de interés para la preservación y monitoreo de la calidad del agua debido a la expansión agrícola,

actividades de aprovechamiento del agua y el aumento de la población (FONAG, 2009). El estado de los suelos superficiales se refleja en la naturaleza físico-química de las aguas que atraviesan la cuenca y afectan directamente su productividad biológica (Roldán & Ramírez, 2008).

Este trabajo tiene por objetivo evaluar la influencia del gradiente altitudinal en la distribución de macroinvertebrados bentónicos y contrastarlo con la influencia del cambio de uso de suelo en la cuenca hidrográfica del río Guayllabamba, para lo cual se cuenta con una base de 1659 datos de información de familias de macroinvertebrados, considerando 156 puntos de muestreo recopilados por parte del Museo de Historia Natural “Gustavo Orces V.”, información de la cuenca alta del río Pita levantada por FONAG e información complementaria levantada a través de un muestreo en la zona de interés.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la variabilidad de las familias de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Guayllabamba, considerando el gradiente altitudinal y uso de suelo.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Evaluar la influencia del gradiente altitudinal en la distribución de macroinvertebrados bentónicos.
- II. Evaluar la influencia de los cambios en el uso de suelo sobre las familias de macroinvertebrados presentes en la zona de estudio.
- III. Determinar los grupos funcionales tróficos características en cada rango altitudinal propuesto.

1.3 ALCANCE

El presente estudio permitirá poner en conocimiento los resultados del análisis de la distribución espacial de comunidades bentónicas, identificando qué familias están presentes en los diferentes niveles altitudinales, considerados y valorando su tolerancia a la contaminación registrados en la bibliografía asociado al uso del suelo de la zona de estudio, de forma que contribuya a la generación de una herramienta para monitorear la calidad del agua en función del gradiente altitudinal.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los ríos altoandinos ecuatorianos representan un área con mayor diversidad biológica de especies en el mundo al encontrarse en la región neotropical, por tal razón la comprensión de las estructuras de comunidades de macroinvertebrados es muy extensa (Monaghan et al., 2000). El uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua toma importancia, ya que estos responden a los cambios en las condiciones ambientales de un hábitat, reflejándose en su presencia o ausencia. (Roldán & Ramírez, 2008).

El gradiente altitudinal es la variable ambiental más importante debido a su influencia directa en la presión atmosférica, el oxígeno y la temperatura (Jacobsen, 2003a; Jacobsen & Brodersen, 2008). Aunque el patrón general es una disminución en la riqueza de taxones a mayores altitudes, la disminución no es necesariamente uniforme ni similar para todos los grupos de organismos (Rahbek, 1995).

Las variables ambientales regionales se encuentran condicionadas por la geología que cambia altitudinalmente en las estribaciones de las cordilleras y junto con los cambios de uso de suelo, estos controlan la química del agua en los ríos altoandinos (Monaghan et al., 2000). Knee & Encalada (2014), señalan que las menores diversidades de macroinvertebrados se encuentran en áreas urbanas con altas concentraciones de metales disueltos y contaminación orgánica.

La degradación dada por el cambio de uso de suelo produce alteraciones directas e indirectas a la cobertura vegetal de ribera de los cauces de río. Por lo cual los ríos se encuentran expuestos a factores como son; la exposición lumínica, aumento en la temperatura del agua, sedimentos y materia orgánica. Dichos cambios afectaran la estructura de macroinvertebrados acuáticos y se reflejará en índices biológicos usados para monitorear la calidad del agua (Villamarín, 2012).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 RÍO CONTINUO

2.1.1.1 Caracterización y funcionamiento de los ríos

Los ríos, conocidos como sistemas lóticos, se definen como corrientes de agua continua cuya caracterización reúne una amplia gama de sistemas diversos con orígenes muy variados (Roldán & Ramírez, 2008). Desde pequeños arroyos temporales a grandes y caudalosos ríos, se exponen a condiciones muy diversas de clima, geología, topografía, vegetación e impactos humanos (Gómez, 2003).

Es en 1980 cuando se introduce una visión integradora entre los ríos y todos los factores externos que influyen en estos sistemas; conocido como “The River Continuum Concept” o concepto del río como un continuo. Este concepto describe que para comprender las dinámicas y estrategias biológicas de las comunidades de un río es necesario el gradiente físico y los factores que forman la cuenca hidrológica (Vannote et al., 1980) (Ver Figura 2.1).

Las comunidades bióticas de ecosistemas acuáticos son sensibles a los cambios en general; a veces, puede bastar un pequeño cambio en el medio o la presencia de perturbaciones para alterar la fisiología o estado de salud de las comunidades biológicas afectando las abundancias relativas de éstas hasta causar un desequilibrio en todo el ecosistema (Patrick, 1975).

Un ecosistema acuático funciona como un sistema abierto puesto que recibe sedimentos, detritos orgánicos y otros aportes desde el medio terrestre circundante, e intercambio de gases con la atmósfera, dejando en claro que sus límites

volumétricos permiten cierta capacidad de dilución y degradación de contaminantes (Sánchez et al., 2007).

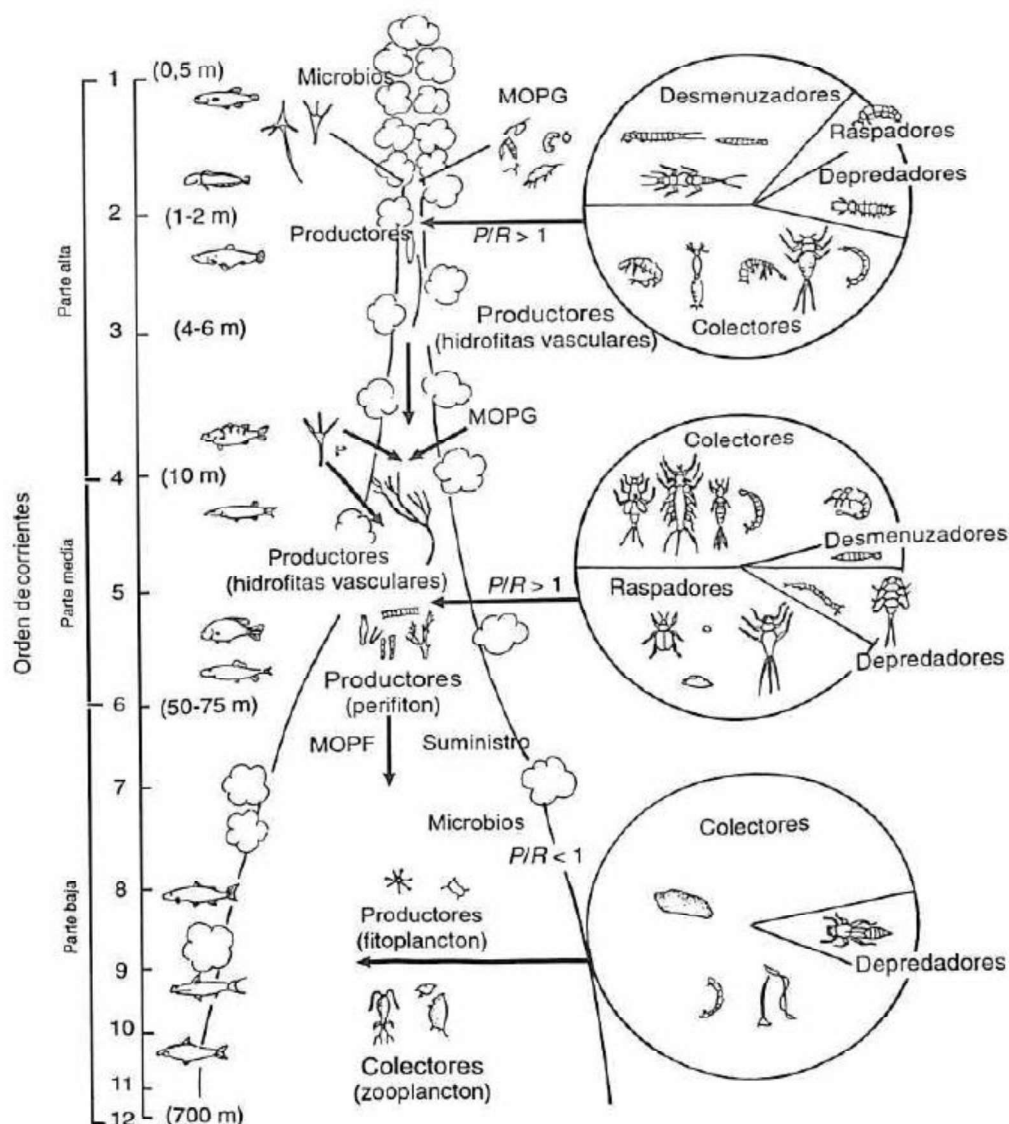


FIGURA 2.1 Concepto del Río Continuo

Fuente: Roldán & Ramírez (2008).

En los ríos de altura la calidad del agua es normalmente buena, con concentraciones de oxígeno altas, baja presencia de nutrientes y baja conductividad, dando como resultado una productividad primaria baja. Conforme desciende en altitud, aumenta la temperatura, registrándose poca variación en la concentración del oxígeno. Aumentan factores como la turbiedad, concentración de

nutrientes y presencia de materia orgánica, obteniéndose un aumento en la productividad primaria (Roldán & Ramírez, 2008).

Cada ecosistema acuático puede existir en un estrecho margen de circunstancias, de la misma manera, los signos y síntomas de deterioro de los ambientes acuáticos y sus posibilidades reales de conservación o restauración son factores importantes a la hora de entender el funcionamiento de los ríos (Sánchez et al., 2007). Sin embargo, las variaciones registradas a lo largo del río no pueden zonificarse, estas se presentan con cambios graduales en función de todos los factores asociados hasta llegar a un equilibrio donde las comunidades biológicas estén adaptadas para desarrollarse, teniendo así comunidades completamente diferentes en las partes altas y las partes bajas del cuerpo de agua (Vannote et al., 1980).

Otras variables que entran en juego para entender el funcionamiento de los cuerpos de agua son el flujo de la corriente, velocidad, descarga, transporte de materiales y tipo de cauce (Roldán & Ramírez, 2008). Además, la coexistencia de tal variedad de factores, bióticos y abióticos, determina un cierto arreglo de variables que a su vez condicionan interacciones más complejas, formando ecosistemas acuáticos peculiares relacionado a los rasgos físicos de las corrientes con sus características propias con la dinámica de los suelos asociados con situaciones ribereñas. Lo que produce el establecimiento de comunidades específicas, adaptadas a cada situación (Vannote et al., 1980).

El flujo y la estacionalidad naturales de los ríos crean las condiciones en el cauce y los hábitats inundables necesarios para las especies acuáticas y de ribera. Por ende, son fundamentales para el mantenimiento de la productividad y la resiliencia de los ecosistemas frente a las perturbaciones ambientales. Los ecosistemas acuáticos, tienen propiedades de resistencia al cambio y un cierto grado de resiliencia que tiende a volverlos al estado original frente a cambios moderados. Pero más allá del límite de recuperación, es difícil para los sistemas acuáticos regresar a su estado inicial, especialmente porque la estabilidad temporal de los

ecosistemas acuáticos puede depender de un balance específico entre muchos factores (Poff et al., 1997)

2.1.1.2 Servicios de los ecosistemas fluviales

Las áreas ribereñas suministran funciones esenciales para la vida, tales como el mantenimiento del flujo continuo de agua dulce para consumo, reciclaje de nutrientes, filtro de sustancias químicas y otros contaminantes, trampa y redistribución de sedimentos, retención y absorción de agua de escorrentía o crecidas repentinas, mantenimiento de hábitat para peces, insectos, plantas y vida silvestre, y sostenimiento de cadenas tróficas para un amplio rango de biota (Guevara et al., 2008).

En la actualidad, la investigación provee conocimiento sobre la capacidad de las zonas ribereñas en contrastar fuentes no puntuales de contaminación, pero se requiere más información para entender las funciones de dichas zonas, y maximizar los beneficios ambientales, económicos y sociales (Guevara et al., 2008).

2.1.1.3 Perturbaciones antropogénicas

Los ecosistemas acuáticos resultan ser más susceptibles a modificación que varios tipos de ecosistemas terrestres frente a las perturbaciones antropogénicas, y en muchos casos, los cambios suscitados pueden llegar a ser drásticos luego de períodos relativamente largos (Sánchez et al., 2007).

La fragilidad de muchos ecosistemas acuáticos, ante factores como la extracción excesiva de agua, el vertimiento de desechos o la introducción de especies exóticas representan un alto riesgo.

Actualmente los ríos se enfrentan a una serie de impactos, en la mayoría de los casos producidos por el hombre. Estos efectos pueden ser ubicados en cuatro categorías (Dudgeon, 2000; Rosenberg et al., 2000):

- a. Alteración o regulación del flujo (represamiento, extracción de agua para irrigación).
- b. Polución (contaminación).
- c. Alteración de la cuenca de drenaje (deforestación, agricultura y ganadería extensiva).
- d. Captura intensiva (peces).

Las alteraciones hidrológicas son uno de los muchos problemas ambientales que afectan al mundo hoy en día, y sus efectos biológicos a menudo son difíciles de separar de los de otras perturbaciones ambientales en las cuencas muy desarrolladas

2.1.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

2.1.2.1 Características generales

Los macroinvertebrados son organismos invertebrados que exceden los 0.5 mm de tamaño corporal y son un componente principal de biomasa animal en los ecosistemas acuáticos. Desempeñan un rol esencial en las funciones que corresponden a la transferencia de energía en las redes tróficas (Roldán & Ramírez, 2008).

Los macroinvertebrados acuáticos consumen la materia orgánica presente en el río (algas o briófitos) y en la zona ribereña, para ser la fuente de alimento de los grandes vertebrados como peces, aves y mamíferos semiacuáticos (Ladrera, 2012). Los grupos más representativos de los macroinvertebrados están integrados en su mayoría por insectos, pero también agrupan a no insectos como son los turbelarios, moluscos y anélidos (Ver tabla 2.1).

TABLA 2.1 PRINCIPALES GRUPOS DE NO INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS

Filo	Clase	Orden	Familia/Hábitat
PLATYHELMINTHES	RHABDITOPHORA/ TURBELLARIA	Tricladida	Los tricladidos habitan debajo de piedras, troncos y hojas, en aguas estancadas o poco profundas. La mayoría vive en aguas oxigenadas (Fam. Planariidae), pero otras especies resisten cierto grado de contaminación (Fam. Dugesiidae). Este orden es fuente de alimento principalmente de ninfas de insectos acuáticos, nemátodos, anélidos, crustáceos y ninfas de odonatos.
MOLLUSCA	GASTROPODA	Basommatophora	Lymnaeidae: Viven en todo tipo de agua y resisten cierto grado de contaminación (<i>gen. Lymnaea</i> y <i>Stagnicola</i>). Physidae: Viven en todo tipo de ecosistema acuático y son más resistentes a la contaminación (<i>gen. Physa</i>). Planorbidae: Habitan en aguas tranquilas y resisten ciertos grados de contaminación (<i>gen. Drepanotrema</i> y <i>Gyraulus</i>).
	BIVALVIA	Veneroida	Sphaeriidae: Son organismos herbívoros que permanecen junto a la vegetación emergente en remansos de río. Presentan una concha convexa de color amarillento, pueden llegar a los 5 mm.
ANNELIDA	HIRUDINEA	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae: Viven en aguas de poco movimiento, sobre troncos, rocas, plantas y residuos vegetales. Son indicadores de Aguas Eutróficas, ya que toleran bajas concentraciones de oxígeno y abundante materia orgánica.
	OLIGOCHAETA	Haplotaxida	La mayoría de los oligoquetos viven en Aguas Eutróficas con fondo fangoso y abundante cantidad de detritus. La familia Tubificidae pueden vivir varios metros de profundidad en condiciones anaeróbicas. Mientras la familia Haplotaxidae son en parte terrestres y zona limnética, son considerados los oligoquetos más primitivos.

Fuente: (Roldán, 1996)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Los insectos son el grupo más ampliamente distribuido y abundante de macroinvertebrados, éstos inician su ciclo de vida en estado inmaduro (huevos y larvas) en los cauces y sedimentos de los ecosistemas fluviales, para luego finalizar su etapa como adultos en tierra (Jacobsen et al., 2008).

La Tabla 2.2 incluye información de la clase Insecta conformada por sus tres órdenes más sensibles a la contaminación orgánica: Ephemeroptera (mayor tolerancia), Trichoptera (tolerancia media) y Plecoptera (no tolera la contaminación) (Buenaño et al., 2018).

TABLA 2.2 PRINCIPALES GRUPOS INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS DE BUENA CALIDAD ECOLÓGICA

Filo	Clase	Orden	Familia/Hábitat
ARTHROPODA	INSECTA	Ephemeroptera	<p>Baetidae: Habitan aguas limpias rápidas, adheridos a vegetación sumergida (<i>gen. Baetis</i>). Igual al género anterior, aunque toleran aguas contaminadas (<i>gen. Baetodes</i>). Viven en medios turbios y fondos arenosos (<i>gen. Dactylobaetis</i>).</p> <p>Euthyplociidae: Viven en fondos arenosos en aguas cálidas, rápidas y limpias (<i>gen. Euthyplocia</i>).</p> <p>Leptophlebiidae: Vive debajo de piedras, troncos y hojas en aguas limpias o ligeramente contaminadas (<i>gen. Thraulodes</i>).</p> <p>Oligoneuriidae: Viven en aguas rápidas, debajo de piedras, troncos y hojas en aguas limpias (<i>gen. Lachlania</i>).</p>
		Plecoptera	<p>Gripopterygidae: Viven en aguas rápidas con fondos pedregosos, bien oxigenadas, debajo de piedras y troncos (<i>gen. Claudioperla</i>).</p> <p>Perlidae: Igual que la familia anterior (<i>gen. Anacroneuria</i>).</p>
		Trichoptera	<p>Anomalopsychidae: Viven en aguas oligotróficas.</p> <p>Calamoceratidae: Se encuentran en aguas oligotróficas con mucho material vegetal (<i>gen. Phylloicus</i>).</p> <p>Glossosomatidae: Habita A. Oligotróficas (<i>gen. Mortoniella</i>).</p> <p>Helicopsychidae: Están adheridos a los sustratos pedregosos en Aguas Oligomesotróficas (<i>gen Helicopsyche</i>).</p> <p>Hydrobiosidae: Vive en aguas oligotróficas en sustratos pedregosos y poco material vegetal (<i>gen. Atopsyche</i>).</p> <p>Hydropsychidae: Pertenecen a aguas con mucha vegetación y toleran cierto grado de contaminación. Son indicadores de aguas oligotróficas a Eutróficas (<i>gen. Leptonema y Smicridea</i>).</p> <p>Hydroptilidae: Habitan aguas oligotróficas (<i>gen. Ochrotrichia</i>).</p> <p>Leptoceridae: Indicador de A. Oligotróficas en corrientes pedregosas (<i>gen. Atanatolica</i>). Viven en A. Oligomesotróficas de poca corriente sobre el material vegetal (<i>gen. Nectopsyche</i>).</p> <p>Odontoceridae: Viven en Aguas Oligotróficas de poca corriente, oxigenadas y de fondo pedregoso (<i>gen. Marilia</i>).</p> <p>Philopotamidae: Habitan en Aguas Oligotróficas de poca corriente, oxigenadas y de fondo pedregoso (<i>gen. Chimarra</i>).</p> <p>Polycentropodidae: Viven en aguas de poca corriente con mucha vegetación. Son indicadores de Aguas Oligomesotróficas (<i>gen. Polycentropus</i>).</p>

Fuente: (Roldán, 1996)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En contraste, otro grupo amplio de macroinvertebrados conformados por la clase Insecta con menor sensibilidad se encuentran conformados por los órdenes: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata y Amphipoda (Ver tabla 2,3).

TABLA 2.3 PRINCIPALES GRUPOS DE INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS

Filo	Clase	Orden	Familia/Hábitat
ARTHROPODA	INSECTA	Coleoptera	<p>Elmidae: Se adhieren a rocas, grava, troncos y hojas en descomposición (<i>gen. Macrelmis, Cylloepus, Microcylloepus, Heterelmis y Noelmis</i>).</p> <p>Hydrophilidae: Viven en aguas poco profunda con materia orgánica.</p> <p>Psephenidae: Habitan corrientes moderadas, son comedoras de limo y algas (<i>gen. Psephenops</i>).</p> <p>Ptilodactylidae: Viven márgenes de arroyos, en aguas someras sobre la arena (<i>gen. Anchytarsus</i>).</p> <p>Scirtidae: Adultos viven en vegetación ribereña (<i>gen. Elodes</i>)</p> <p>Staphylinidae: Viven en charcas y márgenes de ríos (<i>gen. Stenus</i>).</p>
		Diptera	<p>Blepharoceridae: Viven en aguas oligotróficas (<i>gen. Limonícola y Paltostoma</i>).</p> <p>Ceratopogonidae: Se encuentran en aguas meso eutróficas (<i>gen. Probezzia, Alluaudomyia y Stilobezzia</i>).</p> <p>Chironomidae: Viven en fango, arena y con abundante materia orgánica.</p> <p>Dolichopodidae: Habitan corrientes lentas, adheridos a la vegetación. A. Oligomesotróficas (<i>gen. Aphrosylus, Rhapsium</i>).</p> <p>Empididae: Viven en los márgenes adheridos a la vegetación. A. Oligomesotróficas (<i>gen. Hemerodromia y Chelifera</i>).</p> <p>Muscidae: Están en márgenes de la corriente adheridos a rocas, material orgánico en descomposición. Mientras viven en aguas oligomesotróficas los géneros <i>Limnophora</i> y <i>Lispe</i>.</p> <p>Psychodidae: Viven en aguas eutróficas (<i>gen. Clognia</i>). Mientras otros géneros en A. Oligotróficas (<i>gen. Maruina</i>).</p> <p>Simuliidae: Viven en aguas oligotróficas, debajo de rocas y troncos (<i>gen. Simulium</i>).</p> <p>Tabanidae: Habitan aguas mesotróficas (<i>gen. Chrysops y Tabanus</i>).</p> <p>Tipulidae: Son semiacuáticos, viven en algas sobre piedras en A. Mesotróficas (<i>gen. Limonia</i>). Viven en aguas meso eutróficas (<i>gen. Tipula</i>).</p>

TABLA 2.3 PRINCIPALES GRUPOS DE INSECTOS DE MACROINVERTEBRADOS (CONTINUACIÓN)

ARTHROPODA	INSECTA	Hemiptera	<p>Corixidae: Viven en aguas oligomesotróficas y eutróficas</p> <p>Naucoridae: Habitan aguas oligotróficas (<i>gen. Cryphocricos, Heleocoris y Limnocoris</i>)</p> <p>Veliidae: Viven en A. Oligotróficas (<i>gen. Rhagovelia</i>)</p>
		Lepidoptera	<p>Pyralidae: Se los conoce como habitantes de rocas, se alimentan de algas y diatomeas. Las larvas fabrican capullos de seda que les permite circular en aguas oxigenadas de corriente rápida.</p>
		Megaloptera	<p>Corydalidae: Son insectos grandes oscuros que poseen mandíbulas fuertes. Viven en aguas oligotróficas o levemente mesotróficas, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida.</p>
		Odonata	<p>Aeshnidae: Viven en aguas mesotróficas de poca corriente con mucha vegetación (<i>gen. Aeshna</i>).</p> <p>Calopterygidae: Se encuentran sobre restos de vegetación y rocas en A. Oligomesotróficas (<i>gen. Hetaerina</i>).</p> <p>Gomphidae: Son adaptados para cavar en el fondo de arena y grava de aguas oligomesotróficas (<i>gen. Progomphus y Phyllogomphoides</i>)</p> <p>Libellulidae: Se encuentran en los remansos, con fondos arenosos y grava en aguas oligotróficas (<i>gen. Brechmorhoga</i>). Viven en A. Oligomesotróficas de flujo lento con vegetación (<i>gen. Macrothemis</i>).</p> <p>Polythoridae: Viven en aguas oligomesotróficas, sobre troncos en descomposición.</p>
	MALACOSTRACA	Amphipoda	<p>Hyalellidae: Viven en remansos y aguas de corriente asociadas a materia orgánica en descomposición. Presentan un comportamiento detritívoro y a su vez son depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos. Miden entre 5,5 a 10,5 mm, se caracterizan por una coloración amarillenta y blanquecina, con ojos saltones y no presentan palpo mandibular.</p>

Fuente: (Roldán, 1996)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

2.1.2.2 Grupos funcionales tróficos de macroinvertebrados (GFT)

Los macroinvertebrados usan estrategias de alimentación típicas que reflejan las adaptaciones taxonómicas de las especies a las condiciones ambientales. La clasificación de los grupos funcionales tróficos (Functional Feeding Groups), determina el papel trófico, aspectos ecológicos y funciones que desempeñan las especies de macroinvertebrados (Tommanova et al., 2006).

El concepto de río continuo (Vannote et al., 1980) analiza la relación directa de la estructura trófica de las comunidades bentónicas en los cuerpos de agua con la transformación de nutrientes que se producen respecto a la variación altitudinal. En esta relación se presentan las principales características fisiológicas de cada grupo funcional (Ramírez & Gutiérrez, 2014).

❖ Trituradores

Organismos que cortan o rompen trozos de material vegetal vivo o detritus, su función principal es la disgregación de las partículas gruesas en más finas, lo que permite la transportación corriente abajo de las partículas y beneficiar a otros consumidores. A su vez, al triturar las partículas permiten que se facilite la disponibilidad de nutrientes para los consumidores microbianos.

❖ Raspadores

Se alimentan de los recursos (algas, biopelículas de bacterias u hongos y polisacáridos) que crecen en los sustratos duros (rocas) al rasparlos con sus piezas bucales. Desempeñan un papel importante ya que consumen la biomasa de los productores primarios y controlan la formación de algas.

❖ Colectores – Filtradores

Su adaptación especial les permite capturar las partículas de la columna de agua, mediante la utilización de redes para filtrar el agua o su estructura modificada. Tienen la función de reducir la salida de partículas corriente abajo, lo que mejora la eficiencia.

❖ Colectores – Recolectores

Son organismos capaces de recolectar mediante sus piezas bucales modificadas, pequeñas partículas menores a 1 mm acumuladas de la zona béntica. Su función ecológica es aglomerar dichas partículas de materia orgánica después de consumirlas. Habitan mayormente en remansos de ríos donde se acumulan las partículas finas de materia orgánica o en zonas donde se genera resuspensión de partículas en la columna de agua.

❖ Depredadores

Emplean distintas estrategias especializadas para alimentarse capturando presas, utilizando sus fuertes piezas bucales. Su función es muy importante en los ecosistemas, ya que controlan la población de otros organismos.

Los estudios realizados por Tommanova et al., (2006) y Rodríguez et al., (2011), son adaptaciones de clasificaciones GFTs de macroinvertebrados para el Neotrópico, donde se contrasta con estudios norteamericanos de Merritt & Cummins (1996), mismos que presentan sesgos al ser adaptados a nuestra realidad. Debido a la flexibilidad de los taxones en la obtención de recursos alimenticios ocasionado por condiciones ambientales particulares, como la falta de estacionalidades bien marcadas que permite una mayor movilidad.

2.1.2.3 Abundancia Relativa de macroinvertebrados

La abundancia o tamaño de una población se refiere al número de individuos de una especie en un espacio y tiempo (1). Este factor calculado mediante la relación es importante en estudios ecológicos, la disminución o el incremento en una especie puede ser indicador de cambios en el medio natural, como contaminación, enfermedades, especies invasivas, predadores o distribución del alimento (Ramírez, 2006).

$$N = \sum_{i=1}^S n_i \quad (1)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} * 100 \quad (2)$$

donde:

N = Abundancia o número total de individuos de la muestra

ni = Número de individuos

pi = Abundancia Relativa (%)

La abundancia es un parámetro ecológico cuantitativo continuo, y un método sencillo de análisis de un área de estudio, pero para realizar pruebas paramétricas es necesario la abundancia relativa (2) para estandarizar los datos a porcentajes o proporciones que permitan normalizar los valores originales y evitar sesgos de resultados ocasionados debido a:

- a) La existencia de grandes diferencias entre valores.
- b) La distribución de datos se aleja de la normal (DN).
- c) El esfuerzo de muestreo no ha sido uniforme.

(Herrera, 2000)

2.1.2.4 Afinidad de macroinvertebrados en función de los cambios de uso de suelo

El cambio del uso de suelo constituye una alteración de la composición, estructura y funcionamiento de las comunidades de ecosistemas acuáticos (Mesa, 2010). El acelerado retroceso de las tierras rurales y forestales en suelo urbano genera la pérdida de hábitat, fragmentación del paisaje, aumento de la escorrentía, reduce la recarga de acuíferos, aumento de descarga de aguas residuales y pérdida de la vegetación riparia (Kennen et al., 2005).

La contaminación de los ecosistemas acuáticos provoca una serie de modificaciones y alteraciones físico-químico del agua que repercute en la composición, distribución y estructuras de las comunidades de macroinvertebrados (Roldán & Ramírez, 2008). Por ejemplo:

❖ Zonas Pobladas

A causa de la contaminación orgánica generadas por las descargas, aumenta la composición de las familias de macroinvertebrados más tolerantes, como larvas de ciertos dípteros, sanguijuelas y lombrices; mientras que larvas y ninfas de familias de macroinvertebrados EPT disminuyen o desaparecen (Jacobsen, 2003b).

❖ Bosques Secundarios

El uso de suelo de bosque nativo generalmente presenta condiciones de buena calidad del agua, esto favorece la presencia de una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados que solo habitan en condiciones de buena calidad ecológica como la familia Perlidae (Guerrero et al., 2016).

❖ Zona Agrícola

La actividad agrícola realizada en las cuencas hídricas afecta los ecosistemas de quebradas o riachuelos en donde se drenan los nutrientes de fertilizantes, uso de pesticidas y plaguicidas, así como descarga de sedimentos. Estudios demuestran

que familias de macroinvertebrados del orden Diptera y Filo Mollusca incrementan su porcentaje de abundancia relativa, al contrario de familias del orden Trichoptera y Hemiptera, quienes sufren descensos drásticos junto con la diversidad de taxones menos tolerantes a la contaminación como son familias de macroinvertebrados EPT (Chará et al., 2006)

❖ Zonas Ganadera - Pastoreo

Actividades antrópicas, como la ganadera, que ocupan quebradas y ríos para satisfacer el consumo de agua para las cabezas de ganado, genera un deterioro de los cauces de río debido a la destrucción de la vegetación ribereña (principal fuente de energía de los GFTs de macroinvertebrados), la compactación del suelo, reducción de la infiltración y por ende aumento de la escorrentía. A este problema se suma el aporte de materia fecal que incrementa los niveles de fósforo y nitrógeno en el agua (Guerrero et al., 2016).

2.1.2.5 Influencia del Gradiente Altitudinal en las comunidades de macroinvertebrados

Colinvaux (1987) y Schubert (1988), citados por Jacobsen et., al (1997), manifiestan que la última era glacial ocurrida hace 20.000 años en los Andes permitió la conformación de glaciares a 3000 m.s.n.m, por lo cual la microfauna se desplazó a bajas altitudes. Consecuentemente, mucha fauna ubicada actualmente en los andes es biota aún joven que está en un proceso de recolonización permanente.

Estudios realizados por Jacobsen (2004, 2003a) y Jacobsen et., al (1997), determinaron la distribución altitudinal de macroinvertebrados por “riqueza zonal” estableciendo una zona continua que abarca el rango de 100 a 4150 m.s.n.m, cubriendo las llanuras, declives de la cordillera de los andes occidentales, valles centrales y páramos del Ecuador con la compilación de datos muestreados de 132 localidades.

Durante el gradiente altitudinal existen familias que se pierden o ganan con la altitud; para explicar la variación altitudinal de las familias de macroinvertebrados (Ver Figura 2.2) el autor describe que:

- a. El número de familias acumuladas pérdidas en el gradiente altitudinal disminuyen rápidamente.
- b. El número de familias acumuladas ganadas en el gradiente altitudinal presenta un incremento lineal lento. El efecto combinado de las curvas de acumulación de familias perdidas y ganadas en relación con la altitud muestra que el número de nuevas familias ganadas permanece bajo durante todo el rango altitudinal y no supera en ningún punto a la curva acumulativa de pérdidas por lo cual tenemos una disminución de familias en altitud.

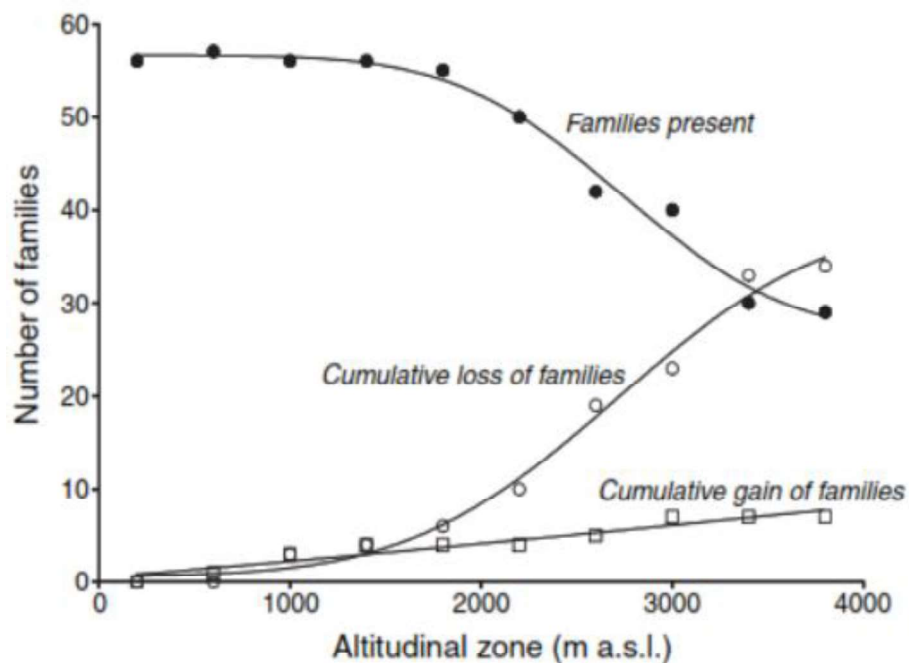


FIGURA 2.2 Curvas acumuladas de número de familias de macroinvertebrados pérdidas y ganadas en el rango altitudinal

Fuente: (Jacobsen, 2004)

En la Tabla 2.4, se presentan los rangos altitudinales para familias de macroinvertebrados restringidas a zonas de alta montaña y zonas de pie de montaña y llanura. Las familias de macroinvertebrados de alta montaña se

encuentran adaptadas morfológicamente con cuerpos pequeños y una pared delgada de agallas para vivir en corrientes de alta montaña bajo condiciones en deficiencia del oxígeno de saturación (Jacobsen & Ramírez, 2008).

TABLA 2.4 RANGOS ALTITUDINALES PARA FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS

Orden	Familia	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Zona Alta		
Plecoptera	Gripopterygidae	2900-4065
Trichoptera	Anomalopsychidae	2600-3970
	Limnephilidae	3070-4140
Diptera	Blepharoceridae	2210-3860
Crustácea	Hyalellidae	1240-4140
Gastropoda	Planorbidae	1500-3600
Zona Baja		
Odonata	Polythoridae	360-1750
	Gomphidae	130-2060
	Calopterygidae	130-2060
Megaloptera	Corydalidae	130-1760
Hemiptera	Naucoridae	130-1730
Ephemeroptera	Euthyplociidae	140-1750

Fuente: (Jacobsen et al., 2003)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En la parte baja de la cuenca se presentan corrientes de río con aguas más calientes, las características de estos biotipos es una temperatura más estable y el oxígeno sufre fuertes fluctuaciones. Los macroinvertebrados que habitan zonas bajas altitudinales presentan mecanismos de compensación mediante agallas respiratorias más grandes, aplanadas y ramificadas que permiten a estos organismos tener una mayor superficie para captar oxígeno (Jacobsen & Ramírez, 2008).

Adicionalmente, en la parte baja de la cuenca, en el pie de montaña de la cordillera se encuentran familias de macroinvertebrados más adaptados, ya que presentan cuerpos más alargados entre las que se puede citar a las familias Corydalidae,

Libellulidae, Gomphidae, Euthyplociidae, Ptilodactylidae y Calamoceratidae (Jacobsen et al., 2003).

2.2. ESTADO DEL ARTE

2.2.1 ESTUDIOS DE MACROINVERTEBRADOS EN EL ECUADOR

Turcotte (1982) presenta un estudio donde se ve a los macroinvertebrados en los ríos altoandinos relacionadas a la variación estacional climática, ocasionando patrones bimodales contrastados en la fauna béntica por una etapa de rápido decaimiento y una gradual recuperación. A partir de 1994 con la contribución financiera y apoyo científico del Consejo para la Investigación en Países en Vías de Desarrollo (DANINA) se realizaron proyectos de investigación para determinar la influencia de factores abióticos en la composición de la fauna de macroinvertebrados en corrientes tropicales (Jacobsen, 2003b).

Jacobsen & Encalada (1998) confirmaron mediante campañas de muestreo los efectos que ocasiona el cambio estacional, durante la estación lluviosa la crecida del cauce en ríos altoandinos genera un efecto de depuración sobre los macroinvertebrados en el cauce de corriente, esto provoca mayor número de taxones, rápido crecimiento y colonización de macroinvertebrados durante la estación seca.

Jacobsen et al., (1997) & Jacobsen., (2003a), determinaron la fundamental influencia de la altitud y la temperatura como factores directos en la conformación de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados. El aumento de la contaminación ocasionado por la expansión de la población, intensificación de las prácticas agrícolas y la creciente industrialización influye en organismos sensibles de macroinvertebrados que disminuyen en cantidad, desaparecen o aumentan como larvas de dípteros (moscas), sanguijuelas y anélidos (Jacobsen, 2003b).

En contraste, el estudio científico permitió generar estrategias de monitoreo para el diagnóstico de calidad de cuerpos de agua lóticos con el uso de indicadores biológicos. Con lo cual, se realizó el primer manual de monitoreo con macroinvertebrados acuáticos con la finalidad de brindar una herramienta de apoyo a las comunidades (Carrera & Fierro, 2001).

Autores como Jacobsen et al., (2003), Jacobsen (2003a), Rostgaard & Jacobsen (2005), realizaron estudios comparativos de ríos de altura y tierras bajas. Los factores físicos como: velocidad de corriente, turbulencia, temperatura y presión parcial de oxígeno disuelto son muy diferentes, y esto se refleja en la sensibilidad a la contaminación que presentan los macroinvertebrados, siendo los ecosistemas de ríos altoandinos ubicados altitudinalmente entre los 2500 a 3000 m.s.n.m los más sensibles a la contaminación.

Dentro de la evaluación de calidad ecológica de los ríos andinos se presentó el protocolo CERA, abarcando los andes sobre los 2000 m.s.n.m. Este protocolo incluye 45 estaciones de muestreo en la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador, calificando 24 atributos incluyendo factores de la cuenca, la hidrología, el tramo y lecho del río (Acosta et al., 2009). Complementariamente, se presentaron guías simplificadas y didácticas para la participación directa de los ciudadanos para que sean capaces de evaluar y entender los cambios ocasionados por las actividades humanas (Encalada et al., 2011).

Posteriormente, nuevos estudios investigaron la influencia del uso de suelo en las comunidades de macroinvertebrados. Mediante herramientas estadísticas multivariantes entre factores físico-químicos de la composición de usos de suelo para identificar variables claves entre hábitat y estructura de la fauna béntica (Bücker et al., 2010). A su vez, otros estudios evaluaron el cambio de usos de suelo entre cuencas de manejo respecto a cuencas similares o cercanas, pero sin ninguna protección o control (Encalada et al., 2014).

Finalmente, se han establecido adaptaciones y observaciones a los valores de índices biológicos empleados en la evaluación ecológica de los ríos, sin embargo, existe falta de conocimiento sobre la taxonomía, distribución y tolerancia de los macroinvertebrados en la región (Ríos et al., 2014). En contraste, determinadas familias desaparecen en el gradiente altitudinal ocasionado por factores de adaptación altitudinal, exclusión, depredación o contaminación (Madsen et al., 2015). La Figura 2.3 resume los estudios de macroinvertebrados realizado en el Ecuador.

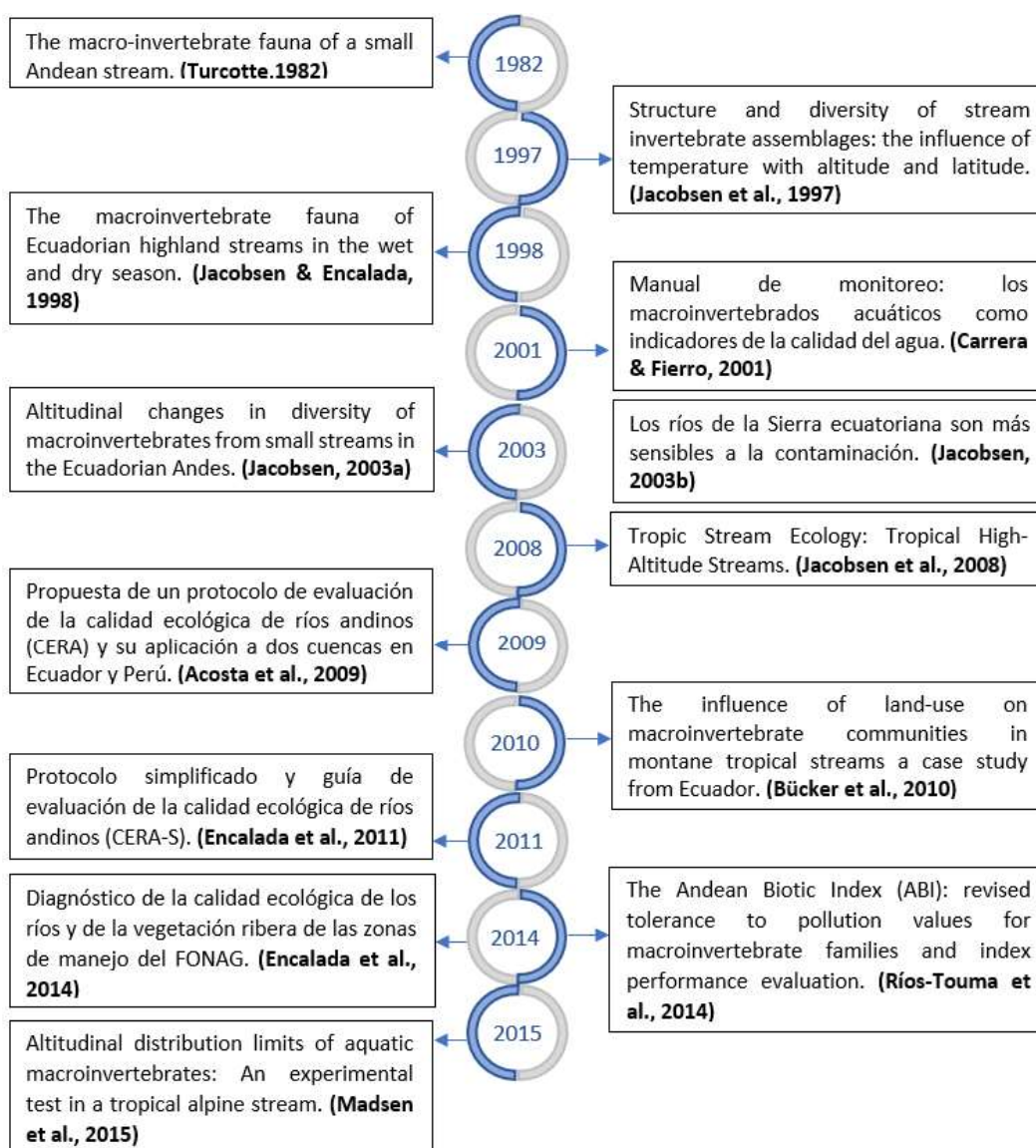


FIGURA 2.3 Histograma de estudios de macroinvertebrados realizados en el Ecuador

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información digital disponible en el repositorio del Instituto Geográfico Militar (IGM) y en la biblioteca virtual del Fideicomiso fondo para la protección del agua (FONAG), para la elaboración del presente trabajo fue la siguiente:

- **Programa Cartografía del IGM de libre acceso:**

Archivo Shapefile: Unidades_hidrograficas_nivel_5_escalas_050K.shp
Contiene 570 unidades hidrográficas codificadas hasta Nivel 5. Escala 1:500.000. Sistema de referencia WGS84 / UTM_zone_17S

Shapefile: Rio_torrente.shp

Red hidrográfica del Ecuador continental, base continua Escala 1:100000.

- **Programa Cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental del año 2016:**

Archivo Shapefile: Cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental del año 2016.shp

Contiene información de 24.898.393,46 ha. Información perteneciente al Proyecto de Protocolo Metodológico del Mapa de Cobertura y uso de tierra del Ecuador Continental 2016. Escala 1:1000000. Elaborado MAE-MAGAP.

- **Programa EARTHDATA: ALOS PALSAR Global Radar Imagery, 2006-2011:**

Archivo Grid: Modelos Digitales de Elevación (12,5 m de resolución espacial).

Las imágenes satelitales capturadas por el satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) como parte del programa satelital de monitoreo terrestre de la Agencia de exploración Espacial Japonesa (JAXA).

3.1.2 DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA GENERAL

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Guayllabamba con una superficie de 819802,94 ha (Área SIG). La Figura 3.1, presenta el área de estudio conformada por los afluentes: río Machángara (inicia a los 2.180 msnm, nutrido por varias quebradas del sur de la ciudad de Quito y centro de la ciudad), río San Pedro y río Monjas (se forma a los 2.470 m.s.n.m., hasta unirse con el río Guayllabamba a los 1.655 m.s.n.m.) y demas afluentes entre los que se mencionan: Chiche, Guambi, Uravia, Coyago, Pisque, Cubi, Intag, Alambí, Chirapi, Magdalena, Pachijal, San Dimas y Naranjal (Orellana, 2015).

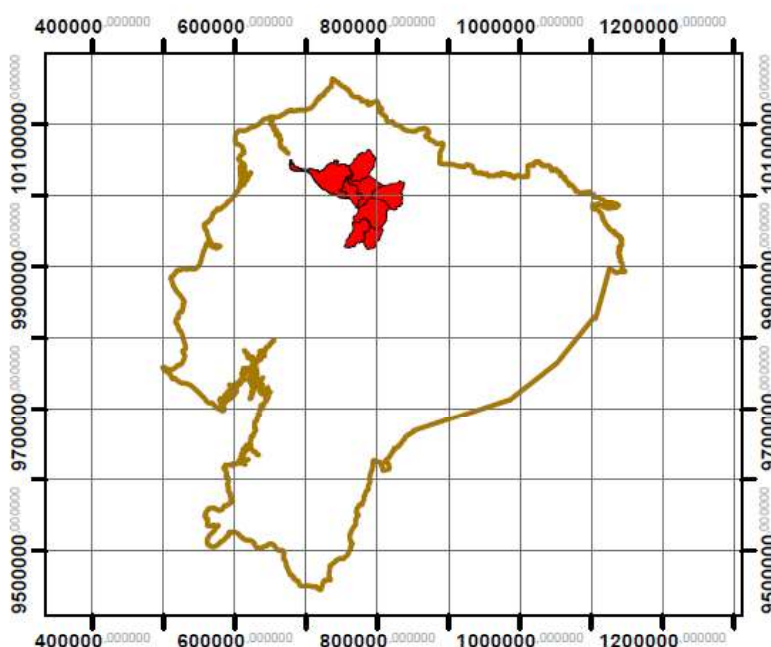


FIGURA 3.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio

Fuente: (IGM, 2014)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Usando la metodología Pfasftetter se procede a la delimitación del Area de estudio. La cuenca del río Guayllabamba perteneciente a la Región hidrográfica del Pacífico o Región Hidrografica 1, recibe codificación como una cuenca Nivel 4, esta unidad hidrografica se compone de 9 unidades hidrográficas de Nivel 5, detalladas en la Tabla 3.1 y en la Figura 3.2 (SENAGUA, 2009).

TABLA 3.1 UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

Código Pfafstetter		Nombre unidad hidrográfica	Área ha
Nivel 4			
1524		Guayllabamba	819802,94
Nivel 5			
15241		Guayllabamba Bajo	186310,45
15242		Alambi	53976,54
15243		Quebrada San Andrés	2889,12
15244		Intag	104421,71
15245		Guayllabamba Medio	89057,57
15246		Pisque	113578,00
15247		Guayllabamba Alto	135044,98
15248		Pita	59238,91
15249		San Pedro	75285,64

Fuente: (IGM, 2014)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

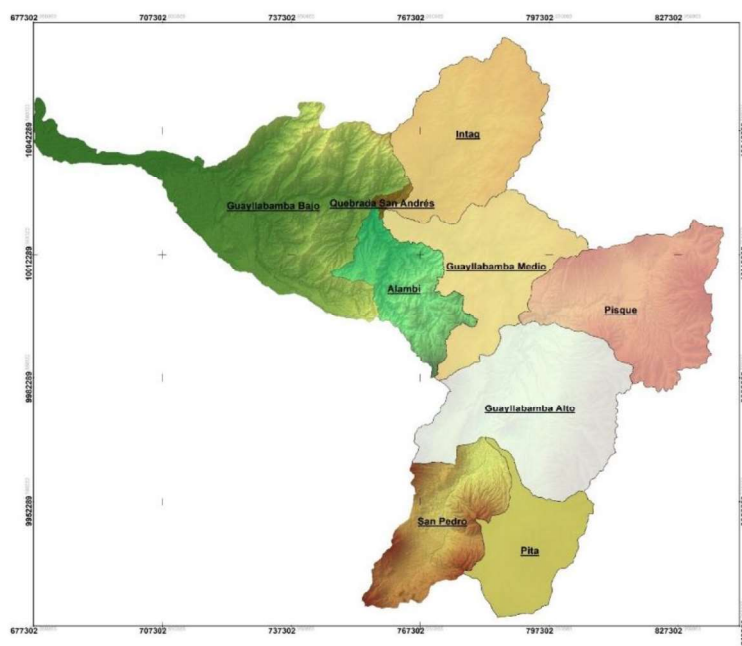


FIGURA 3.2 Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Guayllabamba

Fuente: (IGM, 2014)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

El Sistema de Codificación Pfafstetter asigna identificadores a unidades de drenaje basados en la topología de la superficie o área del territorio que ocupa cierta unidad hidrográfica. Esta codificación permite identificar a unidad hidrográfica con un

número único y a su vez relacionar las unidades hidrográficas con las que limita (SENAGUA, 2009).

La cuenca del río Guayllabamba tiene un gradiente altitudinal que va desde los 57 a los 5908 m.s.n.m (calculo SIG). Mientras el gradiente de estudio presenta registros desde los 473 a 3988 m.s.n.m, sobre la cual se tiene un registro histórico de varios puntos de muestreo. El presente estudio consta de 96 sitios de muestreo distribuidos a lo largo del gradiente altitudinal, según lo reportado en el Anexo 1.

La Tabla 3.2 presenta los puntos de monitoreo ubicados en los flancos orientales de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 3800 a 4000 m.s.n.m. Se ubican en formaciones vegetales de Herbazal de Páramo que es característico del piso bioclimático montano alto y montano alto superior (3400 – 4300 m) en el norte del país, localizado en los valles glaciales y llanuras subglaciales (MAE, 2013).

TABLA 3.2 CORDENADAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO DEL FLANCO DE LA COORDILLERA ORIENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Flanco oriental de la cuenca (ZONA A)				
Río Carcelén	1	795753	9931345	3988
Río Totorá Chupa	50	803634	9945183	3967
Río Gualpaloma	2	794300	9928996	3953
Río Mudadero	3	793079	9930780	3891
Río Chamilco	16	790708	9932632	3878
Río Pita (nacimiento)	17	790820	9931834	3861
Río Chan	18	789718	9933297	3810

Fuente: (Encalada et al., 2014)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Predomina una vegetación herbazal de gramíneas mayores a 50 cm, y suelos andosoles con gran cantidad de materia orgánica que puede llegar a los 60 kg-carbono/m², con lo cual su bioclima hiper húmedo contiene una gran cantidad de agua, entre 80 – 90% por unidad de volumen de suelo (MAE, 2013).

La Tabla 3.3 muestra los puntos de monitoreo ubicados en la estribación sur oriental de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 2700 a 2900 m.s.n.m. Se

encuentran dentro del ecosistema Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, el cual está compuesto de vegetación sucesional, donde bosques montanos han sido reemplazados por cultivos, siendo una vegetación arbustiva alta, dosel abierto y sotobosque arbustivo (MAE, 2013). Los sistemas lóticos presentan un sustrato pedregoso – arenoso, con aguas transparente, un lecho de río que varía entre 0,1 a 0,4 m y ancho de 3 a 8 m, aproximadamente (MEPN, 2018).

TABLA 3.3 CORDENADAS DE LOS SITIOS DE MONITOREO DE LA ESTRIBACIÓN SUR-ORIENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Estribación sur-oriental de la cuenca (ZONA B)				
Quebrada El Cabre	53	787347	9953458	2902
Río Santa Clara	56	787628	9954098	2833
Río Pita	24	788532	9953644	2875
	54	787690	9957302	2899
	57	782450	9953011	2800
	58	787769	9955591	2724
	59	789141	9959542	2700

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.4 presenta los puntos de monitoreo ubicados en las estribaciones orientales de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 3060 a 3180 m.s.n.m. Se encuentran dentro del ecosistema Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, que se ubica en laderas montañosas húmedas de la cordillera de los Andes (MAE, 2013).

TABLA 3.4 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ESTRIBACIÓN ORIENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Estribación oriental de la cuenca (ZONA C)				
Afluente Río Guambi	21	801741	9972924	3168
	22	801463	9973143	3075
	23	801476	9973153	3074
	52	801335	9973156	3061

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.5 presenta los puntos de monitoreo ubicados en las estribaciones orientales de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 2660 a 3120

m.s.n.m. La zona D presenta la formación vegetal Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, la cual presenta un bioclima pluviestacional y un piso climático entre los 2000 – 3100 msnm en laderas occidentales montañosas húmedas de la cordillera de los Andes. Este ecosistema se ubica en quebradas y áreas de difícil acceso con laderas de hasta 60°, está compuesto de vegetación sucesional con vegetación arbustiva alta de dosel muy abierto de hasta 5m y sotobosque arbustivo de 2 m aproximadamente (MAE, 2013).

TABLA 3.5 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL VALLE CENTRAL DE LA CUENCA, SECTOR PASOCHOA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Estribación montaña Pasochoa (ZONA D)				
Río Sambache	4	778289	9950519	3119
	5	777843	9950830	3038
	6	778017	9950542	3014
	7	777776	9950943	2995
	8	777572	9951321	2971
	9	777389	9951513	2960
	10	776988	9951700	2920
	11	776675	9951834	2989
	12	776523	9951963	2864
	13	776367	9952174	2851
	14	776261	9952514	2819
	15	776006	9953018	2782
	25	775359	9953569	2718
	60	775091	9954841	2667

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.6 muestra los puntos de monitoreo ubicados en el valle central de la cuenca recopilados de la base de datos históricos, estos ríos cubren un rango altitudinal de 1500 a 3000 m.s.n.m. Estos ríos atraviesan grandes poblados en Quito y los Valles, lo que provoca una contaminación a causa de la descarga de desechos orgánicos e inorgánicos que contaminan gravemente a los cuerpos de agua de esta zona.

TABLA 3.6 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL VALLE CENTRAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Valle central de la cuenca (ZONA E)				
Quebrada Caupicho	71	774474	9963993	2957
	72	774170	9964726	2943
	74	774009	9965483	2928
Quebrada Ortega	70	771324	9966228	2980
	72	771791	9966832	2943
	75	771905	9967009	2924
	76	772194	9967205	2912
Quebrada Capulí	77	773579	9966694	2906
Quebrada El Carmen	78	772065	9967557	2905
Quebrada Yacuchupa	80	796578	9968915	2664
Río Inga	81	793711	9966917	2610
Quebrada Rumihuaycu	61	787621	9968300	2580
Quebrada Suruhuaycu	83	782940	9960543	2534
Quebrada Callehuyacu	62	788083	9966656	2518
Río Pita	79	787136	9963558	2670
	84	786699	9963930	2529
	85	786865	9963768	2526
	86	787194	9963593	2524
Río San Pedro	55	771230	9945530	2892
	82	778081	9958822	2560
	91	782673	9968409	2444
	92	785906	9974655	2308
Río Ushimana	87	786312	9966810	2485
	88	786044	9966413	2470
	90	785282	9967693	2453
Quebrada Angamarca	89	785945	9967225	2469
Río Chiche	93	789907	9984438	2077
Quebrada Chiñuca	94	791024	9993104	1915
Río Pisque	95	793025	9997173	1903
Río Cubi	96	783978	14276	1491

Fuente: (MEPN, 2018; Ortiz, 2015; Romero & Zúñiga, 2017; Enríquez & Torrez, 2017)
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La zona E se encuentra en los ecosistemas de Matorral altoandino, caracterizado por valles relativamente húmedos entre los 2000 a 3000 m.s.n.m., caracterizado por vegetaciones remanentes encontradas en barrancos o quebradas dominado por plantas leñosas (MECN, 2009).

La Tabla 3.7 presenta los puntos de monitoreo ubicados en el flanco occidental de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 3350 a 3550 m.s.n.m., cuya característica es un ecosistema de Bosque siempreverde montano alto de la cordillera occidental de los andes. Este tipo de bosques presentan un dosel bajo entre 15 y 20 m, así como un sotobosque denso con abundantes herbáceas,

epífitas, briofitas. Adicionalmente, presenta suelos con una densa capa de musgo y baja tasa de descomposición lo que provoca suelos menos fértiles (MAE, 2013).

TABLA 3.7 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL FLANCO OCCIDENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Flanco occidental de la cuenca (ZONA F)				
Río Pichan	19	770327	9987036	3549
Río Santa Ana	20	774418	9985298	3343

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.8 muestra los puntos de monitoreo ubicados en estribación montano bajo occidental de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 1340 a 2480 m.s.n.m. Se encuentra en la formación vegetal de Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes, en el piso bioclimático se ubica entre 1400 a 2000 m.s.n.m., y presentan bosques que alcanzan un dosel de 20 a 30 m de altura, con gran presencia poblacional de helechos arborescentes y aráceas (MAE, 2013).

TABLA 3.8 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ESTRIBACIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud (m.s.n.m)
Estribación occidental de la cuenca (ZONA G)				
Río Pichan	63	770709	9996548	2481
Quebrada Santa Rosa	26	755445	9996518	2162
	30	754352	9997103	2072
Quebrada Miraflores	27	763260	9994785	2154
	28	763298	9994808	2143
Río Alambi	67	763711	9994428	2182
	29	763206	9994893	2135
Río Tandyapa	31	759024	10000254	1852
	41	758725	326	1671
Río Chalhuayacu	35	743060	10000308	1343

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.9 presenta los puntos de monitoreo ubicados en la estribación montano bajo nor-occidental de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 1280 a 2910 m.s.n.m. Se encuentra en el ecosistema de Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes (MAE, 2013).

TABLA 3.9 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA ESTRIBACIÓN NOR-OCCIDENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Estribación nor-occidental de la cuenca (ZONA H)				
Quebrada Mocoral	64	771696	28173	1813
	65	771564	29295	1780
Río Quinde	40	776987	31739	1839
Río Junín	32	760849	10034737	1656
Río Toabunchi	42	778359	39589	1648
Quebrada El Churo	33	759570	10033880	1621
Río Quinde	43	771309	29177	1446
Río Nangulví	44	772696	36602	1399
Río Junín	34	761016	10032772	1396
Río Junín	36	760686	10032214	1283
Río Agragum	45	770114	34490	1284
Río Chalguayaco	46	758858	27975	1063

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.10 muestra los puntos de monitoreo ubicados en el pie de montaña-occidental de la cuenca. Estos ríos cubren un rango altitudinal de 473 a 850 m.s.n.m. La formación vegetal es de Bosque siempre verde Piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes el cual se encuentra en un bioclima pluvial – húmedo, en un piso bioclimático que abarca los 300 a 1400 m.s.n.m (MAE, 2013).

TABLA 3.10 CORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL PIE DE MONTAÑA OCCIDENTAL DE LA CUENCA

Sitio	Código	X	Y	Altitud m.s.n.m
Pie de montaña occidental de la cuenca (ZONA I)				
Río Tatalá	37	729700	10008595	851
Río Pachijal	38	731243	10008928	657
Quebrada Cielo Verde	47	735148	24804	540
Río Guaycuyacu	48	734583	23919	515
Río Guayllabamba	66	736886	25705	511
	49	731857	23763	473

Fuente: (MEPN, 2018)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

3.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES USOS DE SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO

El presente proyecto utiliza el sistema de clasificación de uso de suelo para el Ecuador continental, generada dentro del convenio Ministerio del Ambiente – Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – Instituto Espacial Ecuatoriano. La clasificación consta de diferentes niveles que corresponden al tipo de uso de cobertura y uso de suelo establecido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático adaptado para el país (MAE-MAGAP, 2015).

En la Tabla 3.11 se observa la clasificación de coberturas Nivel I y Nivel II (MAE-MAGAP, 2015). Al encontrarse una gran variedad de uso de suelo se procedió a agrupar y establecer una clasificación base para realizar el análisis correspondiente a los objetivos del presente estudio.

TABLA 3.11 CLASIFICACION DE USOS DE SUELO NIVEL I Y NIVEL II

NIVEL 1	NIVEL 2	Codificación	Código
SNAP		Área Protegida	AP
TIERRA AGROPECUARIA	Cultivo anual Cultivo Semipermanente Cultivo Permanente Pastizal Mosaico Agropecuario	Suelo Agrícola	SA
BOSQUE VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	Bosque Nativo Plantación Forestal Vegetación arbustiva Vegetación Herbácea Páramo	Cobertura Vegetal	CV
ZONA ANTROPICA	Área Poblada Infraestructura	Zona Poblada	ZP
OTRAS TIERRAS	Glaciar Área sin cobertura vegetal Cuerpo de agua	N/A	

Fuente: (MAE – MAGAP, 2015)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.12 expone el área y porcentaje correspondiente de la cuenca de estudio que comprende cada uso del suelo en la cuenca del río Guayllabamba. La zona de Áreas protegidas (AP) cuenta con 82963,90 ha, representando el 10,12% del área

de la cuenca. Por su parte el Suelo agrícola (SA), con 339572,44 ha es el uso de suelo con mayor porcentaje con el 41,42%. Para el análisis no se tomaron en cuenta las áreas correspondientes a otras tierras y cuerpos de agua codificadas como (N/A).

TABLA 3.12 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

Uso de suelo (NIVEL 2)	Codificación	Área (Ha)	Porcentaje (%)
BOSQUE NATIVO	CV	177260,53	21,62%
PLANTACIÓN FORESTAL	CV	16148,07	1,97%
TIERRA AGROPECUARIA	SA	339572,44	41,42%
ZONA POBLADA	ZP	55934,69	6,82%
VEGETACIÓN ARBUSTIVA	CV	71837,78	8,76%
VEGETACIÓN HERBACEA	CV	8172,99	1,00%
PÁRAMO	CV	138551,09	16,90%
ÁREA PROTEGIDA	AP	82963,90	10,12%
OTRAS TIERRAS	NO APLICA	9502,25	1,16%
CUERPO DE AGUA	NO APLICA	2823,08	0,34%
TOTAL		819802,94	100%

Siglas: CV: Cobertura Vegetal SA; Suelo Agrícola ZP; Zona Poblada AP; Área Protegida
Fuente: (MAGAP-MAE, 2015)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

El uso de suelo correspondiente a la codificación de Cobertura Vegetal (CV) para este estudio está conformado por: Bosque nativo (177260,53 ha); Plantación forestal (16148,07); Vegetación arbustiva (71837,78 ha); Vegetación herbácea (8172,99 ha); Páramo (138551,09 ha). Finalmente, para Zona poblada (ZP) incluye el área de asentamientos humanos e infraestructura, correspondiente a 55934,69 ha, que representa un porcentaje del 6,82%.

Los niveles subsiguientes Nivel I y Nivel II detallan únicamente tierras agropecuarias de interés para el MAGAP, tal como se detalla en el Anexo 2.1.

Con el fin de analizar la distribución de los grupos tróficos en el área de estudio, y contemplando los diferentes usos de suelo y gradiente altitudinal presente, se consideraron las siguientes zonas (Ver Tabla 3.13):

TABLA 3.13 DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO EN LA CUENCA DEL RIO GUAYLLABAMBA PARA EL ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

ZONA	ECOSISTEMA/USO DE SUELO	RANGO ALTITUDINAL (m.s.n.m.)
A	Herbazal de Páramo/ Área Protegida y Cobertura Vegetal	3810 a 3988
B	Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes/ Suelo Agrícola y Cobertura Vegetal	2700 a 2902
C	Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes/Cobertura Vegetal y Suelo Agrícola	3061 a 3168
D	Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes/ Área Protegida, Cobertura Vegetal y Suelo Agrícola	2667 a 3119
E	Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes/ Zona Poblada y Suelo Agrícola	1491 a 2957
F	Bosque siempreverde montano alto de la cordillera occidental de los andes/ Cobertura Vegetal	3343 a 3549
G	Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes/ Cobertura Vegetal	1343 a 2481
H	Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes/ Cobertura Vegetal	1063 a 1813
I	Bosque siempre verde Piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes/ Cobertura Vegetal	473 a 851

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

3.1.4 TRATAMIENTO DE DATOS HISTÓRICOS

Para analizar la distribución de las poblaciones de macroinvertebrados presentes en la zona de estudio respecto a la frecuencia de aparición en relación a determinado uso de suelo y variabilidad altitudinal, se georreferenciaron las

coordenadas de los puntos de muestreo donde se recabó información de diferentes fuentes que incluyen:

- ❖ Estudios de monitoreo ambiental entregados al Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional.
- ❖ Diagnósticos de calidad ecológica en zonas de protección.
- ❖ Proyectos de titulación con levantamiento de información biológica.

Así, se logró recopilar un total de 156 registros de puntos de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, las cuales 60 presentan variabilidad temporal, por lo tanto, se presentan 96 puntos de muestreo a lo largo de la franja altitudinal, cubriendo un rango desde los 3988 hasta los 473 m.s.n.m en un periodo de temporal de 2011 a 2018.

La información recopilada presenta un conglomerado de clases, órdenes, familias y géneros de macroinvertebrados. Estos fueron verificados y corregidos en caso de presentar errores de escritura y la inclusión única de macroinvertebrados en estado adulto. Posteriormente, mediante de herramientas de software georreferenciación (ARCGIS) se procedió a la delimitación de la cuenca del río Guayllabamba usando la metodología Pfafstetter (SENAGUA, 2009). Adicionalmente, se incluyó información de la clasificación de los usos de suelo en la zona de estudio (MAE-MAGAP, 2015). Finalmente, se organizó la información en 4 tipos de uso de suelo conformadas por: Áreas Protegidas, Cobertura Vegetal, Suelo Agrícola y Zona Poblada para simplificar y agrupar la información.

La Tabla 3.14 muestra los 15 puntos de monitoreo registrados para las áreas protegidas en la zona de estudio. Estos registros se ubican en el Parque Nacional Cotopaxi, sector Mudadero y el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa (Ver ANEXO 2.2).

TABLA 3.14 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ÁREAS PROTEGIDAS

SITIO	CÓDIGO	x	y	ALTITUD
Río Carcelén (Mudadero)	1	795753	9931345	3988
Río Gualpaloma (Mudadero)	2	794300	9928996	3953
Río Mudadero (Mudadero)	3	793079	9930780	3891
Río Sambache (RVSP)	4	778289	9950519	3119
Río Sambache (RVSP)	5	777843	9950830	3038
Río Sambache (RVSP)	6	778017	9950542	3014
Río Sambache (RVSP)	7	777776	9950943	2995
Río Sambache (RVSP)	8	777572	9951321	2971
Río Sambache (RVSP)	9	777389	9951513	2960
Río Sambache (RVSP)	10	776988	9951700	2920
Río Sambache (RVSP)	11	776675	9951834	2889
Río Sambache (RVSP)	12	776523	9951963	2864
Río Sambache (RVSP)	13	776367	9952174	2851
Río Sambache (RVSP)	14	776261	9952514	2819
Río Sambache (RVSP)	15	776006	9953018	2782

Fuente: (Encalada et al., 2014; MEPN, 2018)
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

El predio Mudadero posee un área de 7389 ha y se ubica en el valle conformado por los flancos sur-oriental del volcán Sincholagua, y el flanco nor-oriental del volcán Cotopaxi comprendiendo la elevación altitudinal entre los 3800 y 4100 m.s.n.m. Esta zona de estudio fue una hacienda privada dedicada a la ganadería, pero fue adquirida en 2012 por la EPMAPS para su protección y manejo (Encalada et al., 2014).

La Reserva Silvestre de Vida Pasochoa (RSVP) presenta un área de 500 ha de área protegida adentro del cono del volcán extinto Pasochoa, abarcando un rango altitudinal entre 2800 a 4210 m.s.n.m. Está conformada por diferentes tipos de vegetación entre las cuales se encuentran; Bosque Montano Húmedo, Bosque Montano Nublado, Bosque Siempre-Verde Montano Alto y Páramo, donde nace el río Sambache dentro del área protegida (Gallegos, 2013).

La Tabla 3.15 presenta los puntos de monitoreo para el tipo de suelo de cobertura vegetal conformada por 34 registros. Esta información integra diferentes tipos de

cobertura vegetal conformada por: vegetación arbustiva, bosque nativo, plantación forestal, vegetación herbácea y páramo (Ver ANEXO 2.3).

TABLA 3.15 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN COBERTURA VEGETAL

SITIO	CÓDIGO	x	y	ALTITUD
Río Chamilco (Mudadero)	16	790708	9932632	3878
Río Pita (Mudadero)	17	790820	9931834	3861
Río Chan (Mudadero)	18	789718	9933297	3810
Río Pichan	19	770327	9987036	3549
Río Santa Ana	20	774418	9985298	3343
Afluente Río Guambi	21	801741	9972924	3168
Afluente Río Guambi	22	801463	9973143	3075
Afluente Río Guambi	23	801476	9973153	3074
Río Pita	24	788532	9953644	2875
Río Sambache (RVSP)	25	775359	9953569	2718
Quebrada Santa Rosa	26	755445	9996518	2162
Quebrada Miraflores	27	763260	9994785	2154
Quebrada Miraflores	28	763298	9994808	2143
Río Alambi	29	763206	9994893	2135
Quebrada Santa Rosa	30	754352	9997103	2072
Río Tandayapa	31	759024	10000254	1852
Río Junín	32	760849	10034737	1656
Quebrada El Churo	33	759570	10033880	1621
Río Junín	34	761016	10032772	1396
Río Chalhuayacu	35	743060	10000308	1343
Río Junín	36	760686	10032214	1283
Río Tatalá	37	729700	10008595	851
Río Pachijal	38	731243	10008928	657
Río San Francisco	39	790239	40188	2910
Río Quinde	40	776987	31739	1839
Río Tandayapa	41	758725	326	1671
Río Toabunchi	42	778359	39589	1648
Río Quinde	43	771309	29177	1446
Río Nangulví	44	772696	36602	1399
Río Agragum	45	770114	34490	1284
Río Chalguayaco	46	758858	27975	1063
Quebrada Cielo Verde	47	735148	24804	540
Río Guaycuyacu	48	734583	23919	515
Río Guayllabamba	49	731857	23763	473

Fuente: (Encalada et al., 2014; MEPN, 2018)
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La Tabla 3.16 identifica a los distintos puntos de monitoreo recopilados en suelos agrícolas pertenecientes a la cuenca de estudio (Ver Anexo 2.4). La base de datos cuenta con 18 registros distribuidos en la cuenca, entre los cuales se encuentra información recopilada que incluye estudios con levantamiento de información de estudios científicos sobre el análisis de la dinámica estacional, evaluación de calidad ecológica y obras hidráulicas (Ortiz, 2015; Romero & Zúñiga, 2017; Enríquez & Torrez, 2017).

TABLA 3.16 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN SUELO AGRÍCOLA

SITIO	CÓDIGO	x	y	ALTITUD
Totora Chupa (REA)	50	803634	9945183	3967
Quebrada Monjas	51	769059	9962848	3380
Afluente Río Guambi	52	801335	9973156	3061
Quebrada El Cabre	53	787347	9953458	2902
Río Pita (Cantera)	54	787690	9957302	2899
Río San Pedro (Machachi)	55	771230	9945530	2892
Río Santa Clara	56	787628	9954098	2833
Río Pita (Molinuco)	57	782450	9953011	2800
Río Pita (Rumibosque)	58	787769	9955591	2724
Río Pita (El Óvalo)	59	789141	9959542	2700
Río Sambache (RVSP)	60	775091	9954841	2667
Quebrada Rumihuaycu	61	787621	9968300	2584
Quebrada Callehuaycu	62	788083	9966656	2518
Río Pichan	63	770709	9996548	2481
Quebrada Mocal	64	771696	28173	1813
Quebrada Mocal	65	771564	29295	1780
Río Guayllabamba	66	736886	25705	511
Río Alambi	67	763711	9994428	2182

Fuente: (Encalada et al., 2014; MEPN, 2018; Ortiz, 2015; Romero & Zúñiga, 2017; Enríquez & Torrez, 2017)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En zonas pobladas se cuentan con un total de 29 registros concentrados en un tramo de la cuenca donde la población se encuentra establecida a partir de los 3120 hasta los 1900 m.s.n.m (Ver Anexo 2.5). Los ríos y quebradas que atraviesan este tramo incluyen zonas pobladas que cuentan con un sistema de alcantarillado con una amplia distribución que no cuenta con un sistema de tratamiento, con lo cual se descarga directamente a los ríos enlistados en la Tabla 3.17.

TABLA 3.17 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ZONAS POBLADAS

SITIO	CÓDIGO	x	y	ALTITUD
Quebrada Monjas	68	770230	9963829	3120
Quebrada Ortega	69	770258	9964269	3115
Quebrada Ortega	70	771324	9966228	2980
Quebrada Caupicho	71	774474	9963993	2957
Quebrada Caupicho	72	774170	9964726	2943
Quebrada Ortega	73	771791	9966832	2933
Quebrada Caupicho	74	774009	9965483	2928
Quebrada Ortega	75	771905	9967009	2924
Quebrada Ortega	76	772194	9967205	2912
Quebrada Capulí	77	773579	9966694	2906
Quebrada El Carmen	78	772065	9967557	2905
Río Pita	79	787136	9963558	2670
Quebrada Yacuchupa	80	796578	9968915	2664
Río Inga	81	793711	9966917	2610
Río San Pedro	82	778081	9958822	2560
Quebrada Suruhuaycu	83	782940	9960543	2534
Río Pita	84	786699	9963930	2529
Río Pita	85	786865	9963768	2526
Río Pita	86	787194	9963593	2524
Río Ushimana	87	786312	9966810	2485
Río Ushimana	88	786044	9966413	2470
Quebrada Angamarca	89	785945	9967225	2469
Río Ushimana	90	785282	9967693	2453
Río San Pedro	91	782673	9968409	2444
Río San Pedro	92	785906	9974655	2308
Río Chiche	93	789907	9984438	2077
Quebrada Chiñuca	94	791024	9993104	1915
Río Pisque	95	793025	9997173	1903
Río Cubi	96	783978	14276	1491

Fuente: (Encalada et al., 2014; MEPN, 2018; Romero & Zúñiga, 2017; Enríquez & Torrez, 2017)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

3.2 CAMPAÑA DE MUESTREO

Para la determinación de una estación de referencia dentro de la zona de estudio se realizó un levantamiento puntual de información biológica y de calidad del agua dentro de la cuenca del río Guayllabamba, en función de la base de datos se cuenta con alrededor de 88 registros realizados en el lugar de estudio y zonas aledañas.

3.2.1 ESTACIÓN DE MUESTREO

La localización del punto de verificación se encuentra en el sector Molinuco, dentro del Centro Recreacional Ecológico “La Gran Cascada del Pita”, ubicada en la microcuenca del río Pita, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador (GAD-MCR, 2015) (Ver Figura 3.3).

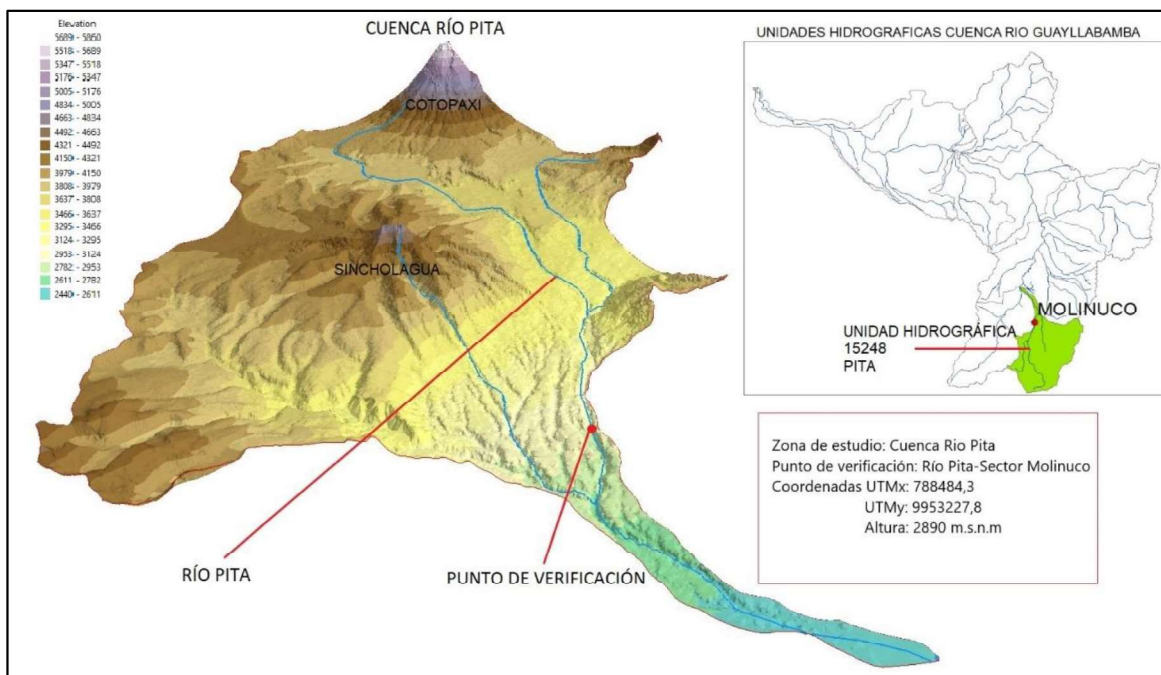


FIGURA 3.3 Ubicación del punto de verificación “Molinuco”

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La microcuenca del río Pita se ubica en la cuenca alta del río Guayllabamba, tiene un rango altitudinal que abarca 3400 metros aproximadamente. Su cauce empieza la cumbre del volcán Cotopaxi a 5890 m.s.n.m, cubriendo una longitud de 50 km en hasta su confluencia en el río San Pedro a 2415 m.s.n.m (FONAG & FFLA, 2012).

3.2.2 DISEÑO DE MUESTREO

La toma del punto de muestreo se realizó el 19 de Julio de 2019 (época verano), dentro del Centro Recreacional Ecológico “La Gran Cascada del Pita”. En la Tabla 3.18 se señalan las coordenadas del punto de referencia y su altitud.

TABLA 3.18 COORDENADA DEL PUNTO DE MUESTRA

Código	Nombre	X	Y	Altitud m.s.n.m
A	Río Pita, sector Molinuco	788484	9953227,8	2890

Fuente: Trabajo de Campo
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Para la selección del punto de referencia dentro de la localidad de monitoreo de la cuenca Carvacho (2012) señala que se deben tomar en cuenta variables ambientales para el muestreo biológico. Entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- ❖ Temporalidad (época de verano) que presente mayor estabilidad y abundancia de organismos bentónicos.
- ❖ Naturaleza Geológica.
- ❖ Variabilidad Espacial.
- ❖ Actividades en la cuenca.
- ❖ Datos disponibles de caudales.
- ❖ Grado de intervención antrópica.
- ❖ Accesibilidad al lugar.
- ❖ Calidad química (no muy variable).

Una estación de muestreo de referencia no necesariamente representa condiciones prístinas (totalmente inalteradas), sino que se presenten ciertas condiciones de presión humana siempre que estas sean mínimas (Acosta et al, 2009). Para ello, se seleccionó el sector Molinuco, el cual muestra que presenta una protección ecológica, pero a su vez se realizan actividades turísticas.

3.2.2.1 Descripción del lugar

El lugar de monitoreo se encuentra dentro del sendero turístico Molinuco. La vegetación del sitio está conformada por la presencia de bosque primario y vegetación de ribera propia de la zona. El cuerpo de agua presenta en su mayoría sustrato rocoso, también se tiene presencia de arenas, hojarasca y vegetación en

riberas. El cauce presenta profundidades heterogéneas idóneas para el uso de la red Surber tal como lo señala la metodología para muestreo de macroinvertebrados bentónicos (Ver Fotografía 3.1).

FOTOGRAFÍA 3.1 ESTACIÓN DE REFERENCIA



Fuente: Albán R., Guallichico E.

3.2.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO

Se realizó la medición de las variables físico-químicas del agua in-situ y ex-situ, que en conjunto con la toma de muestras biológicas ofrecen un análisis integral de la estación de referencia.

3.2.3.1 PARÁMETROS IN-SITU

La Tabla 3.19 muestra los parámetros de campo medidos in-situ para el sitio de estudio. La medición se realizó mediante el uso de la sonda multiparamétrica HQ30D, donde se determinó los parámetros de oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno (%OD) y temperatura, mientras para la medición de pH se utilizó el medidor de pH portátil Hach HQ11D (Ver Fotografía 3.2).

TABLA 3.19 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO

PÁRAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	EQUIPO
pH		HQ11D
OD	mg/L	HQ30D
%Sat OD	%	
Temperatura	°C	
Turbidez	NTU	2100P TURBIDIMETER HACH
Conductividad	μs/cm	YSI Y30

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

FOTOGRAFÍA 3.2 MEDICIÓN PARAMETROS IN-SITU

Fuente: Albán R., Guallichico E.

3.2.3.2 PARÁMETROS EX-SITU

Para la medición de parámetros de laboratorio se tomaron en consideración: nitritos, nitratos, fosfatos, sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos, para lo cual se tomaron muestras de agua con un volumen de 2000 ml, para posterior análisis en laboratorio (Ver Fotografía 3.3).

Los análisis detallados en la Tabla 3.20 están tomados del manual de procedimiento “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” y el manual HACH.

FOTOGRAFÍA 3.3 MEDICIÓN PARAMETROS EX-SITU



Fuente: Albán R., Guallichico E.

TABLA 3.20 METODO DE ANALISIS DE LABORATORIO

PÁRAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO
Fosfatos	mg/L $(PO_4)^{3-}$	4500 P-E
Nitratos	mg/L NO_3	4500 NO3-E
Nitritos	mg/L NO_2	4500 NO3-E
Solidos totales, disueltos, suspendidos	mg/L	2540 c

Fuente: (American Public Health Association et al., 1999)

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

3.2.4 MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

El método de recolección utilizado para la zona de estudio fue mediante el método de recolección con red Surber, con un área de $0,09m^2$ y abertura de tamiz de $250 \mu m$. Se realizó una colecta con 9 repeticiones en diferentes tipos de sustrato para obtener información de la composición de macroinvertebrados por unidad de superficie ($individuos/m^2$). Las muestras fueron recolectadas en fundas ziploc, fijadas con alcohol al 95% e identificadas en el Laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental con la ayuda de un estereomicroscopio (Ver Fotografía 3.4)

FOTOGRAFÍA 3.4 IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LABORATORIO



Fuente: Albán R., Guallichico E.

3.3 TRATAMIENTO DE DATOS

Una vez que la información de la base de datos fue compilada y depurada, se utilizó el programa Microsoft Excel para el cálculo de abundancias relativas de cada familia. Posteriormente, se procesó la información con ayuda del programa SPSS (IBM, 2018), utilizando la herramienta de análisis de correspondencias para establecer las relaciones de dependencia de determinadas familias de macroinvertebrados a un uso de suelo.

El Análisis de Correspondencia (ACO) es una técnica estadística gráfica descriptiva que permite analizar las relaciones de dependencia e interdependencia de un conjunto de variables categóricas, permitiendo de esta manera resumir un gran compilado de datos en un número reducido de dimensiones (De la Fuente, 2011). Con lo cual, se procedió a analizar las variables categóricas presentes en la base de datos entre uso de suelo y familias de macroinvertebrados presentes.

El ACO parte con el análisis de la tabla de frecuencias, el cual nos permitirá determinar las frecuencias relativas de filas y columnas o también llamados perfiles

de las variables categóricas X e Y a analizar, respectivamente (Greenacre, 2007). La tabla de frecuencias está compuesta por los valores $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ e $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ con N elementos totales del conjunto de datos, y donde la intersección de cada fila y columna establece una frecuencia observada n_{ij} (De la Fuente, 2011).

Cada frecuencia observada es dividida para su perfil marginal, para la elaboración de una tabla de perfiles condicionales de fila y columna, respectivamente. Estos perfiles condicionales describen las distribuciones condicionadas respecto a la tabla de frecuencias inicial. La suma los perfiles de fila marginales (Y) y los perfiles de columna marginales (X), deben ser igual a 1 (De la Fuente, 2011).

Los perfiles facilitan la interpretación, pero otorgan la misma importancia a la relación entre variables, por lo cual es necesario emplear una distancia que condicione cada perfil por un peso proporcional a la importancia del conjunto de datos (De la Fuente, 2011). El peso proporcional conocido como masa, es la suma de las frecuencias de fila o columna respecto al número total de la muestra (N), y cuyos valores determinan el punto del centroide del ACO (Greenacre, 2007).

La inercia es el promedio ponderado del cuadrado de las distancias entre los perfiles de fila y columna respecto al centro de gravedad. Una inercia baja presenta una cercanía al centro de gravedad y una mayor asociación entre filas y columnas, por el contrario, una inercia alta presenta una dispersión de puntos y mayor cercanía a los perfiles de fila y columna (Greenacre, 2007).

3.3.1 DEPENDENCIA ENTRE VARIABLES CATEGORICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS

Para la determinación de la existencia o no de una relación entre las variables categóricas X y Y, se establece un contraste de hipótesis. El test de hipótesis utilizado es del Chi-cuadrado de Pearson (De la Fuente, 2011):

Ho: Ambas variables son independientes.

H1: Existe una relación de dependencia.

El test compara los perfiles de fila y columna con los perfiles marginales correspondientes, considerando si la hipótesis H_0 es correcta en todos los perfiles de fila, son iguales entre sí e iguales al perfil marginal X, y a su vez para el perfil de columna y perfil marginal Y (De la Fuente, 2011).

Finalmente, el nivel de significancia establecido es de 0.05, siendo:

- Nivel significancia (p-valor) $> 0,05$; Se acepta H_0
- Nivel significancia (p-valor) $\leq 0,05$; Se rechaza H_0

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.2 ESTADO DEL PUNTO DE VERIFICACIÓN

Uno de los puntos clave dentro del análisis de la base de datos con la que cuenta este trabajo, es la verificación de los registros a lo largo de la cuenca del río Guayllabamba. La cuenca del Río Pita presenta varias características en cuanto a calidad en función de la composición de macroinvertebrados por lo cual se decidió escoger este sitio como el punto de verificación.

En el lugar se realizó la caracterización físico-química del río, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.1, y la recolección de Macroinvertebrados bentónicos. Se colectaron 537 macroinvertebrados bentónicos, con la presencia de 17 taxas, distribuidas en 15 familias.

TABLA 4.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PUNTO DE VERIFICACIÓN

pH	OD (mg/l)	%Sat OD (%)	Temperatura °C	Turbidez NTU	Conductividad us/cm
8,41	7,71	99,9	11,8	1,74	135,5
NITRITOS mg/L NO_2	NITRATOS mg/L NO_3	FOSFATOS mg/L $(PO_4)^{3-}$	SÓLIDOS TOTALES mg/L	SÓLIDOS DISUELTOS mg/L	SÓLIDOS SUSPENDIDOS mg/L
0,005	0,2	0,87	88	36	3

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En la Tabla 4.2 se muestra la presencia de diferentes familias con alta sensibilidad a la contaminación como es el caso de la familia Blepharoceridae, Simuliidae, Baetidae y Sphaeriidae, son indicativos de que la zona de estudio a pesar de ser una zona con alta afluencia turística tiene condiciones para albergar una estructura sana para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (Ver Anexo 3).

TABLA 4.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PUNTO DE VERIFICACIÓN

CLASE	ORDEN	FAMILIA	Abundancia
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	9
Insecta	Diptera	Chironomidae	226
Insecta	Diptera	Empididae	1
Insecta	Diptera	Blepharoceridae	2
Insecta	Diptera	Simuliidae	69
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	22
Insecta	Diptera	Tipulidae	6
Insecta	Diptera	Muscidae	1
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	15
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	82
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	3
Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	14
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	15
Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	57
Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	12
Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	2
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	1
			537

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS DE ACUERDO CON EL GRADIENTE ALTITUDINAL

En el presente estudio se identificaron 64 familias de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en la cuenca del río Guayllabamba, dicha zona abarca un gradiente altitudinal comprendido entre los 476 a 3988 m.s.n.m. La zona de estudio presenta una variabilidad de ecosistemas y condiciones geomorfológicas, que permiten apreciar a grandes rasgos las diferentes zonas de vida donde habitan los macroinvertebrados, así como condiciones especiales que restringen su distribución en determinados rangos altitudinales.

A continuación, se presenta la distribución de estos organismos, agrupados según su Filo, Clase u Orden de manera que se pueda relacionar la distribución altitudinal entre familias de macroinvertebrados dentro del mismo grupo taxonómico al que pertenecen.

La Tabla 4.3 contiene los rangos altitudinales del orden Ephemeroptera, representando a las familias Baetidae y Leptophlebiidae, ampliamente distribuidas en toda la cuenca de estudio. Por su parte, la familia Oligoneuridae se encuentra entre los 850 a 2530 m.s.n.m., ampliando el rango reportado por Jacobsen (2004) por debajo de los 1135 m.s.n.m., a su vez, se aporta nueva información para la familia Leptohyphidae con el rango altitudinal desde los 470 a 3120 m.s.n.m. Adicionalmente, la familia Euthyplociidae presentó un único registro en el río Tandyapa a 1671 m.s.n.m, que se encuentra dentro del rango presentado por Jacobsen (2004).

TABLA 4.3 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN EPHEMEROPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal m.s.n.m Jacobsen, 2004
Ephemeroptera	Euthyplociidae	1671	140 - 1750
	Baetidae	473 - 3988	130 - 4140
	Leptohyphidae	473 - 3119	
	Leptophlebiidae	473 - 3891	130 - 3900
	Oligoneuridae	851 - 2526	1135 - 2650

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Baetidae aparece en los aportantes del río Pita a 3988 m.s.n.m., luego cuenca abajo atraviesa los ríos; Pita (2500 – 2900 m), Ushimana (2450 – 2520 m) y finaliza abruptamente en el comienzo del río San Pedro. De igual manera, esta familia emerge en las laderas occidentales, en los ríos; Pichán (2480 m), Alambi (2130 – 2180 m) y Tandyapa (1670 – 1840 m), así como los ríos nor-occidentales; Quinde (1450 – 1840 m), Toabunchi (1650 m) y Junín (1400 m). El pie de montaña de la cuenca presenta registros en el río Chalhuayacu (1340 m), río Agragum (1280 m), cauce abajo del río Junín (1280 m), río Chalguayaco (1060 m), quebrada Cielo

Verde (540), río Guaycuyacu (510) y en el cauce del río Guayllabamba a 473 m.s.n.m (Ver Anexo 3.1).

Para la familia Leptophlebiidae se presenta registros en la parte alta de la cordillera oriental de la cuenca en el río Mudadero (3891 m) y río Chan (3810 m). Para luego reaparecer en la RSVP (2670 – 3040 m) y desaparecer por completo y reaparecer en las estribaciones occidentales en las localidades de quebrada Santa Rosa (2070 – 2160 m), quebrada Miraflores (2150 m), Alambi (2130 m) y Tandayapa (1670 – 1850 m). En los ríos nor-occidentales; Quinde (1450 – 1840 m), Junín (1660 m), Azabí (1650 m) y Nangulví (1400 m). Y la en el pie de montaña, en los ríos; Junín (1280 m), Agragum (1280 m), Chalguayaco (1060 m), Tatalá (850 m), Pachijal (660 m), quebrada Cielo Verde (540 m), Guaycuyacu (515 m) y finaliza en el tramo medio del río Guayllabamba a 473 m.s.n.m (Ver Anexo 3.1).

La familia Oligoneuriidae comienza en la parte media de la cuenca a 2526 m.s.n.m., en el río Pita. En contraste, la mayor cantidad de registros se ubican en las estribaciones de la cordillera occidental en la quebrada Miraflores (2650 m), río Alambi (2130 m), y río Tandayapa (1670 m), y la cordillera nor-occidental en el río Quinde (1440 – 1840 m). Mientras, termina su distribución en el pie de montaña en el río Chalguayaco y Tatalá a 1060 y 851 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.2).

En el caso de la familia Leptohyphidae, aparece en la montaña Pasochoa a 3119 hasta 2670 m.s.n.m., y registros cercanos en la quebrada El Cabre (2900 m) y río Pita (2870 m), para luego desaparecer completamente en la parte media de la cuenca. Sin embargo, esta familia se también se extiende en las laderas occidentales, en los ríos; Pichán (2480 m), Alambi (2130 m), Tandayapa (1670 m) y Chalguayacu (1340 m), así como las laderas nor-occidentales en los ríos; Quinde (1440 – 1830 m), Junín (1650 m), Azabí (1650) y Nangulví (1400 m). Finalmente, los registros terminan en el pie de montaña de los ríos Agragum (1290 m) y Chalguayaco (1060 m), Tatalá (850 m), Pachijal (650 m), quebrada Cielo Verde

(540 m) y en el cauce principal del río Guayllabamba a 473 m.s.n.m (Ver Anexo 3.2).

La Tabla 4.4 presenta los rangos altitudinales del orden Plecoptera, observando un predominio de la familia Perlidae. Por otro lado, la familia Gripopterygidae permanece por sobre los 3074 m.s.n.m ubicándose en la parte alta de la cuenca contrastando con los reportes realizados por Jacobsen (2004). Esta familia se encuentra en los ríos Carcelén (4000 m) y Gualpaloma (3950 m) del predio Mudadero, flancos Yanacocha en la cordillera occidental en los ríos Pichan (3550 m) y Santa Ana (3340 m), así como en los aportantes del río Guambi a 3070 m.s.n.m (Ver Anexo 3.3).

TABLA 4.4 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN PLECOPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal m.s.n.m Jacobsen, 2004
Plecoptera	Gripopterygidae	3074 - 3988	2900 - 4065
	Perlidae	473 - 3549	140 - 3450

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Respecto a la familia Perlidae presenta endemismo en la RVSP entre los 3120 a 2720 m.s.n.m, respecto a la parte alta y estribaciones occidentales en los ríos; Pichán (3550 m), Alambi (2180 – 2140 m), quebrada Miraflores (2160 – 2150 m), Santa Rosa (2070 m) y Tandayapa (1850 – 1670 m). Así como, las estribaciones nor-occidentales en los ríos; San Francisco (2910 m), Quinde (1840 – 1450 m), Azabí (1650 m) y Junín (1400 m). En el pie de montaña se ubica en la continuación del río Junín (1280 m), así como los ríos; Chalguayaco (1060 m), Tatalá (851 m), Pachijal (660 m), quebrada Cielo Verde (540 m), Guaycuyacu (500 m), y el cauce principal en el río Guayllabamba a 473 m.s.n.m (Ver Anexo 3.3).

La Tabla 4.5 muestra los rangos altitudinales del orden Trichoptera, donde las familias Hydrobiosidae, Hydropsychidae y Leptoceridae se encuentran ampliamente distribuidas. A su vez, las familias Calamoceratidae y Philopotamidae

amplían su rango altitudinal respecto al de Jacobsen (2004). Así también, se ratifica la restricción altitudinal para las familias Anomalopsychidae (debajo de 2720 m), Limnephilidae (debajo de 2890) y Polycentropodidae (sobre los 2580 m). Adicionalmente, se aporta nueva información para los rangos altitudinales de las familias Glossosomatidae, Helicopsychidae y Hydroptilidae.

TABLA 4.5 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN TRICHOPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal m.s.n.m Jacobsen, 2004
Trichoptera	Anomalopsychidae	2718- 3988	2600-3970
	Calamoceratidae	515-3988	130-2850
	Glossosomatidae	2529-3988	130 – 4140
	Helicopsychidae	540-3168	130 – 4140
	Hydrobiosidae	515-3988	130 – 4140
	Hydropsychidae	515-3988	130 – 3950
	Hydroptilidae	2524-3988	130 – 3950
	Leptoceridae	511-3891	130 – 4140
	Limnephilidae	2889-3988	3070-4140
	Odontoceridae	2670-3380	320-2210
	Philopotamidae	473-3988	130-2050
Polycentropodidae	540-2584	150-2650	

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Hydropsychidae surge en el alto Pita a los 4988 m.s.n.m., luego se presenta aguas abajo en el tramo del río Pita que comprende los 2500 a 2900 m, para luego desaparecer abruptamente en cotas más bajas. Se registran individuos en la ladera nor-occidental en el río Quinde (1830 m), mientras en los flancos occidentales cerca del cerro Yanachoca, se ubica en el río Pichán (3550 m), para luego terminar en el pie de montaña, en los ríos; Chalguayaco (1060 m), Pachijal (650 m), Guaycuyacu (500 m) y cauce del río Guayllabamba a 473 m.s.n.m (Ver Anexo 3.4).

La familia Leptoceridae aflora en la parte alta de todas las cordilleras de la cuenca, entre los cuales tenemos; aportantes de río Pita (3880 – 3900 m), afluentes del río Guambi (3060 - 3170 m), quebrada Ortega (3000 m), río Pichan (3550 m) y río San

Francisco (2900 m). A su vez, se localiza en el valle central, en el río Sambache (2700 - 3020 m), sector Pasochoa, así como un tramo del río Pita que abarca los 2670 a 2800 m. Esta familia se distribuye en las laderas occidentales, para terminar su recorrido altitudinal en el pie de montaña de la cuenca, en la quebrada Cielo Verde a 540 m.s.n.m (Ver Anexo 3.4).

Respecto a la familia Hydrobiosidae se concentra en la cordillera oriental, en Mudadero entre los 3800 a 4000 m.s.n.m., y las laderas de la montaña Pasochoa, en la RVSP entre los 2780 a 3120 m.s.n.m. A su vez, esta familia se distribuye en diferentes ríos de la cuenca, entre los cuales tenemos; Pita (2880 a 2529 m), Santa Clara (2830 m), Inga (2600 m), Alambi (2180 m), Junín (1650 m), Nangulví (1400 m) y Guaycuyacu (515 m) (Ver Anexo 3.5).

Las familias Calamoceratidae y Philopotamidae se encuentran distribuidas en el mismo rango altitudinal desde los 470 a 4000 m.s.n.m., se puede observar su presencia en localidades similares de la cuenca como son; río Carcelén (3988 m) en los flancos orientales, el río Sambache (2900 – 3000 m), río Quinde (1840 m), quebrada Cielo verde (540 m) y río Guaycuyacu (515 m) (Ver Anexo 3.6).

Respecto a las familias Limnephilidae y Anomalopsychidae, presentan una distribución en tres tramos de la cuenca muy similares, el primero ubicado en los flancos orientales del volcán Cotopaxi y Sincholagua entre los 3800 a 4000 m.s.n.m., el segundo abarca un tramo pequeño del río Sambache (RVSP) desde los 3340 a 2560 m. Finalmente, el tercero se distribuye en los flancos occidentales en los ríos, Pichán y Santa Ana a los 3550 y 3340 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.7).

Para familias Glossosomatidae y Hydroptilidae se observa un rango altitudinal similar, distribuyéndose en partes de la cuenca sobre los 2529 m.s.n.m., principalmente en el alto pita, sector Mudadero (3800 – 3988 m) y en el río Sambache en la RVSP (2800 – 3000 m), así como un tramo del río pita que abarca los 2529 a 2900 m.s.n.m., con mayor concentración para la familia Hydroptilidae.

Mientras, la familia Glossosomatidae presenta un registro endémico en la cordillera occidental, en el río Pichan a 3550 m.s.n.m (Ver Anexo 3.8).

Otro grupo de familias, presenta la menor frecuencia de aparición para el orden Trichoptera, entre las cuáles se encuentran a las familias; Helicopsychidae, Odontoceridae, Polycentropodidae y Xiphocentronidae. La familia Helicopsychidae se distribuye en la RVSP entre 3014 a 2860 m.s.n.m., en las estribaciones orientales de los afluentes del río Guambi a 3168 m, el valle central atravesado por el río Pita a 2670 m y las laderas de la cordillera nor-occidental en el río Junín a 1656 m.s.n.m. Y finalizar en los aportantes del río Guayllabamba, en la quebrada Cielo Verde 540 m.s.n.m (Ver Anexo 3.9).

La familia Odontoceridae se ubica en las estribaciones occidentales, en la quebrada Monjas a 3380 m y orientales en los aportantes del río Guambi (3070 a 3170 m). A su vez, se ubica en la parte media de la cuenca en el río Sambache a 2860 m, y en un tramo pequeño del río Pita entre los 2670 a 2700 m.s.n.m (Ver Anexo 3.9).

La distribución altitudinal para la familia Polycentropodidae empieza en la parte media de la cuenca del río Guayllabamba a 2600 m.s.n.m., en la quebrada Rumihuaycu. Adicionalmente, se localiza esta familia en la estribación occidental en el río Tandayapa a 1340 m.s.n.m. Y finalmente, termina su recorrido en el pie de montaña occidental de la cuenca, en el río Chahuayacu (1340 m), río Junín (1280 m) y quebrada Cielo Verde a 540 m.s.n.m (Ver Anexo 3.9).

La Tabla 4.6 contiene los rangos altitudinales del orden Diptera, donde se observa a las familias Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae y Muscidae que se distribuyen en la totalidad de la cuenca. A su vez, se amplía (Psychodidae, Dolichopodidae, Blepharoceridae) o reduce (Empididae) el rango altitudinal para las familias respecto al propuesto por Jacobsen (2004), y se reafirman los rangos altitudinales para las familias Tabanidae y Tipulidae. Adicionalmente, se aporta nueva información para los rangos altitudinales de las familias Culicidae, Syrphidae y Limoniidae.

TABLA 4.6 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN DIPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Diptera	Blepharoceridae	1656-3988	2210-3860
	Ceratopogonidae	851-3988	130-4065
	Chironomidae	473-3988	150-3860
	Culicidae	252-2724	
	Dolichopodidae	476-3891	1800-2820
	Empididae	1343-3988	130-4065
	Ephydriidae	3810	
	Limoniidae	515-3988	
	Muscidae	515-3967	150-4065
	Psychodidae	1491-3878	130-3070
	Simuliidae	511-3988	130-4140
	Syrphidae	2444-2905	
	Tabanidae	1396-3810	1150-3880
Tipulidae	511-3380	130-4065	

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Las familias Ceratopogonidae y Chironomidae se encuentran ampliamente distribuidas, surgiendo en los ríos; Carcelén (4000 m), Gualpaloma (3950 m), Mudadero (3890 m), y el nacimiento del río Pita (3860 m) para mantenerse cuenca abajo en el tramo entre 2500 a 2900 m.s.n.m. Atraviesan principalmente el valle central en los ríos; Sambache (2660 – 3120 m), Inga (2610 m), San Pedro (2300 – 2560 m) y Ushimana (2450 – 2580 m), así como los ríos Pisque (1900 m) y Chiche (2080 m) únicamente para la familia Chironomidae. En menor medida se encuentra distribuido la familia Ceratopogonidae en las estribaciones y pie de montaña, respecto a la Chironomidae abarcando toda la cuenca (Ver Anexo 3.10).

La familia Muscidae cubre el rango altitudinal estudiado en los flancos orientales en los ríos Totorá Chupa y Chan entre los 3810 a 3970 m.s.n.m., y una gran representación en la montaña Pasochoa, en el río Sambache (2780 – 3120 m). Atraviesa el valle central, en los ríos; Pita (2500 – 2720 m), Inga (2610 m), Ushimana (2470 – 2530 m) y Cubi (1500 m). Y el pie de montaña de la cuenca, en la quebrada Cielo Verde y río Guaycuyacu a 540 y 510 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.11).

La familia Simuliidae se presenta en la parte alta de la cuenca en la cordillera oriental, en los ríos; Carcelén (4000 m), Mudadero (3890 m), Chamilco (3880 m), Pita (3860 m) y Chan (3810 m). Se presenta una gran representación en el río Sambache (2660 – 3120 m), tramo del río Pita (2500 – 2900 m), Ushimana (2590 – 2450 m), Inga (2600 m), Chiche (2080 m) y Pisque (1900 m). Se distribuye en las estribaciones nor-occidentales entre los 1290 a 1650 m.s.n.m., y occidentales en los ríos Tandayapa y quebrada Miraflores a 1670 y 2150 m.s.n.m., respectivamente. Adicionalmente, se presenta en las localidades en pie de montaña en el río Pachijal (660 m), quebrada Cielo Verde (540 m) y terminar en el cauce principal del río Guayllabamba a 500 m.s.n.m (Ver Anexo 3.11).

En un grupo menor se encuentran las familias Culicidae y Syrphidae en localidades del valle central de la cuenca de estudio. La familia Culicidae se ubica en localidades del río Pita, sector Rumibosque y Cashapamba a 2730 y 2500 m.s.n.m. Mientras la familia Syrphidae se presenta en la quebrada el Carmen (2900 m), río Ushimana (2470 m) y río San Pedro (2440 m) (Ver Anexo 3.12).

La familia Empididae se concentra en los flancos orientales del volcán Cotopaxi y Sincholagua entre los 4000 y 3800 m.s.n.m., y estribaciones orientales en los afluentes del río Guambi (3070 – 3170 m). Se presenta en tres puntos del río Sambache a 3040, 2780 y 2710 m.s.n.m., y el valle central en un tramo del río Pita (2500 – 2900 m) y las quebradas Rumihuaycu y Angamarca a 2580 y 2470 m.s.n.m., respectivamente. Adicionalmente, se localiza en las laderas occidental entre los 1340 a 2180 m.s.n.m., atravesando los ríos Alambi, Tandayapa, Chalguayacu y quebrada Santa Rosa (Ver Anexo 3.12).

La familia Tabanidae presenta un registro en la cordillera oriental, en el río Chan a 3810 m.s.n.m. Esta familia se concentra principalmente en el río Sambache, sector Pasochoa entre 2780 a 3020 m, a su vez, se distribuye en localidades del río Pita (2500 y 2720 m) y quebrada Suruhuaycu a 2530 m. Por su parte, se presentan registros en la cordillera nor-occidental en el río San Francisco a 2910 m, y estribaciones de los ríos Quinde y Junín a 1840 y 1400 m, respectivamente.

Adicionalmente, se presenta un evento en el río Tandayapa a 1670 m.s.n.m., en la estribación occidental (Ver Anexo 3.13).

Para la familia Psychodidae se observa un registro aislado en la cordillera oriental junto al río Chamilco a 3880 m.s.n.m., sector de Mudadero en alto Pita. Posteriormente, esta familia reaparece en las estribaciones sur-orientales en los afluentes del río Guambi (3060 – 3170 m) y estribación occidental en la quebrada Monjas (3120 – 3380 m). Sin embargo, la mayor cantidad de muestras registradas se ubican en el valle central de cuenca, en las quebradas aportantes del río Machángara entre los 2900 a 2980 m.s.n.m. Adicionalmente, se distribuye cuenca abajo en los ríos; Ushimana (2450 – 2580 m), Pita (2500 m), quebrada Chiñuca (1900 m) y Cubi (1500 m) (Ver Anexo 3.13).

Las familias Dolichopodidae y Limoniidae, presentan un rango altitudinal entre los 476 a 4000 m.s.n.m, cubriendo varias localidades de la cuenca de estudio. La familia Dolichopodidae se empieza su distribución altitudinal en los ríos Mudadero y Chamilco a 3890 y 3880 m.s.n.m., respectivamente. Esta familia reaparecer cuenca abajo en el río Sambache, sector Pasochoa entre 2810 a 3040 m.s.n.m., y el valle central, en las siguientes localidades; quebrada Capulí (2900 m), quebrada Rumihuaycu (2590 m) y río Pita entre los 2500 a 2670 m. Adicionalmente, se encuentra un evento en la parte de pie de montaña de la cuenca, en el cauce principal del río Guayllabamba a 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.14).

La distribución altitudinal para la familia Limoniidae nace en la cordillera oriental en los afluentes del río Pita entre los 3800 a 4000 m.s.n.m., y cuenca abajo en las laderas del río Guambi (3080 – 3170 m). La mayor cantidad de registros se presentan en la RVSP entre los 2700 a 3120 m.s.n.m., y las laderas nor-occidental entre los 1060 a 1810 m, así como la estribación occidental, en los ríos; Alambi (2190 m) y quebrada Santa Rosa (2160 m). Finalmente, esta familia se ubica en el pie de montaña de la cordillera occidental, en los ríos; Chalhuayacu (1340 m), Tálala (850 m), Pachijal (660 m), quebrada Cielo Verde (540 m) y Guaycuyacu (515 m) (Ver Anexo 3.14).

La familia Tipulidae se distribuye en el río Sambache entre 2660 a 3040 m.s.n.m., y gran parte del valle central de la cuenca, en los ríos; Pita (2500 – 2900 m), Inga (2610 m) y San Pedro (2440 m), así como las quebradas Cabre (2900 m), Yacuchupa (2670 m), Rumihuaycu (2590 m) y Callehuaycu (2510 m). Presenta pocos registros en las laderas occidentales, para finalmente ubicarse en el pie de montaña en la quebrada Cielo Verde (540 m), río Guaycuyacu (500 m) y el cauce principal del río Guayllabamba a 500 m.s.n.m (Ver Anexo 3.15).

Finalmente, el orden Diptera presenta a la familia Blepharoceridae con una distribución que abarca la cordillera oriental, en los ríos; Carcelén (4000 m), Chamilco (3880 m) y Chan (3810 m), así como un evento en la cordillera occidental en el río Pichán (3550 m). En el valle central, se ubica en el río Sambache (3000 – 3120 m) y tres registros puntuales del río Pita en 2880, 2720 (sector Rumibosque) y 2500 m.s.n.m., para luego localizarse en los ríos Pichán (3550 m) y Alambi (2180 m) en las laderas occidentales y su último registro de la cuenca en el río Junín a 1660 m.s.n.m., en la ladera nor-occidental (Ver Anexo 3.16).

La Tabla 4.7 muestra los rangos altitudinales del orden Coleoptera, siendo las familias Elmidae y Hydrophilidae presentes en la totalidad de la cuenca de estudio. En contraste, se observa a las familias Hydrophilidae y Psephenidae amplían su rango altitudinal y reduce su gradiente altitudinal para la familia Scirtidae respecto al de Jacobsen (2004). A su vez, las familias Psephenidae, Ptilodactylidae y Staphylinidae abarcan un rango similar entre 470 a 3000 m.s.n.m., dicha información con la presentada por Jacobsen (2004).

La familia Elmidae abarca una gran cantidad de registros, empezando por la cordillera oriental en los aportantes del río Pita, predio Mudadero entre los 3800 a 4000 m.s.n.m., así como en la cordillera occidental con un evento en el río Pichán a 3550 m. Esta familia se ubica en las estribaciones de la cordillera sur-oriental en los afluentes del río Guambi (3060 – 3170 m), y occidental en las quebradas Monjas (3380 m) y Ortega (3340 m). Presenta una gran representación en la montaña Pasochoa (2660 – 3120 m), respecto al valle central de la cuenca, en los ríos Pita

(2500 – 2900 m) y Santa Clara (2830 m). Adicionalmente, esta familia se concentra en la estribación occidental en la parte baja de la cuenca, así como el pie de montaña hasta el cauce principal del río Guayllabamba a 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.17).

TABLA 4.7 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN COLEOPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Coleoptera	Elmidae	473-3988	130-4140
	Hydrophilidae	473-3810	130-3010
	Psephenidae	515-2910	130-2060
	Ptilodactylidae	473-3014	130-3080
	Scirtidae	2162-3988	300-4020
	Staphylinidae	540-2943	360-3010

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

A su vez, la familia Hydrophilidae presenta una distribución más dispersa, con un registró el río Chan a 3810 m.s.n.m., para luego desaparecen en la cuenca media hasta ubicarse en el río Sambache entre los 2820 a 2920 m. También, se registra por el valle central en el río Ushimana (2450 m) y quebrada Callehuaycu (2520 m), así como cuenca abajo en las laderas de la cordillera nor-occidental, en los ríos; Junín (1660 m) y quebrada El Churo (1620 m), para luego presentar un evento en el cauce principal del río Guayllabamba 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.17).

Respecto, a las familias Psephenidae, Ptilodactylidae y Staphylinidae presentan una distribución diferente dentro del mismo rango altitudinal. La familia Staphylinidae se ubica en la ladera occidental, en la quebrada Caupicho (2940 m), valle central en el río Ushimana (2490 m) y quebrada Suruhuaycu (2540 m), estribación nor-occidental junto al río Junín (1400 a 1660 m), y finalmente en el pie de montaña de la cuenca en la quebrada Cielo Verde a 540 m.s.n.m (Ver Anexo 3.18).

La familia Psephenidae se presenta en la cordillera nor-occidental desde el río San Francisco (2910 m) y río Junín (1660 m). Se distribuye principalmente en la cordillera occidental en los ríos; Pichan (2480 m), quebrada Miraflores (2140, 2150 m), Alambi (2140 m), quebrada Santa Rosa (2070 m) y Tandayapa (1670 – 1850 m). Respecto a la parte media de la cuenca se presenta un registro en el río Cubi (1500 m) y cauce abajo en el pie de montaña en los aportantes del río Guayllabamba hasta los 515 m.s.n.m (Ver Anexo 3.18).

La familia Ptilodactylidae se presenta en la montaña Pasochoa entre los 2720 a 3010 m.s.n.m. Sin embargo, abarca principalmente las estribaciones y pie de montaña occidentales de la cuenca de estudio. Respecto, a la estribación nor-occidental, se presenta en los ríos; Junín (1660 m), Azabí (1650 m), Quinde (1450 m), Nangulví (1400 m) y Chalguayaco (1340 m). Así como, las estribaciones occidentales en los ríos; Alambi (2130 m), Santa Rosa (2070 - 2160) y Tandayapa (1670 – 1850 m). En el pie de montaña, se ubica en la quebrada Cielo Verde (540 m), río Guaycuyacu (500 m) y el cauce principal del río Guayllabamba a los 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.18).

La familia Scirtidae abarca principalmente la cordillera oriental y valle central de la cuenca de estudio, en los aportantes del río Pita (3810 – 4000 m), afluentes del río Guambi (3060 – 3180 m), y río Sambache (2660 – 3020 m). Adicionalmente, se presenta registros para la cordillera occidental, en el río Pichan (3550 m), quebrada Santa Rosa (2160 m), quebrada Monjas (3120 – 3380 m) y quebrada Ortega (3110 – 3350 m). Finalmente, esta familia termina su distribución altitudinal en un tramo del río Pita entre 2900 a 2720 m.s.n.m., así como las quebradas Rumihuaycu y Ortega a 2580 y 2980 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.19).

En la Tabla 4.8 se observan los rangos altitudinales del orden Odonata, el cual presenta familias distribuidas principalmente en las estribaciones occidentales y pie de montaña de la cuenca. Sin embargo, las familias Aeshnidae y Libellulidae extienden el rango altitudinal respecto al propuesto por Jacobsen (2004) con

registros en el valle central de la cuenca, en la quebrada Rumihuaycu (2600 m) y río Pita (2700), respectivamente.

TABLA 4.8 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN ODONATA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
	Aeshnidae	657-2584	390-2750
	Calopterygidae	540-1671	130-2060
Odonata	Gomphidae	511-2143	130-2060
	Libellulidae	511-2700	130-1540
	Polythoridae	511-2072	360-1750

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Aeshnidae se ubica en las estribaciones occidentales en el río Alambi (2140 m) y quebrada Santa Rosa (2080 m), así como el pie de montaña de la cordillera en el río Pachijal a 660 m.s.n.m. Respecto a la familia Libellulidae se observan registros en la estribación nor-occidentales en el río Nangulví a 1400 m.s.n.m. Mientras en las laderas occidentales se ubica en la quebrada Miraflores (1850 m) y río Tandayapa (1670 –1850 m). Adicionalmente, se presenta registros en el pie de montaña, en los ríos; Chalguayacu (1340 m), Chalguayaco (1060), Pachijal (660 m), Cielo Verde (540), Guaycuyacu (500 m) y río Guayllabamba (500 m) (Ver Anexo 3.20).

Las familias Gomphidae y Polythoridae estas ubicadas en la estribación occidental en las quebradas Miraflores (2150 m) y Santa Rosa (2080 m), respectivamente. Se extienden cuenca abajo en los ríos Tandayapa (1670 m) y Chalguayaco (1340 m), así como el pie de montaña en los ríos Guaycuyacu y Guayllabamba, a 500 m.s.n.m. Mientras, para las estribaciones nor-occidental en el río Junín (1660 m) y quebrada el Churo (1620 m) para la familia Polythoridae, y en el río Nangulví y pie de montaña en la quebrada Cielo Verde a 500 m.s.n.m., para la familia Calopterygidae (Ver Anexo 3.21).

La Tabla 4.9 presenta los rangos altitudinales del orden Hemiptera, el cual presenta a las familias Naucoridae y Veliidae, que extienden el rango altitudinal propuesto por Jacobsen (2004). Siendo el caso para la familia Veliidae desplegándose en el río Sambache (2850, 2720 m), quebrada Callehuaycu (2520 m), quebrada Rumihuaycu (2590 m) y el río Pichán (2500 m), mientras la familia Naucoridae en la quebrada Miraflores y Santa Rosa, a 2150 y 2080 m.s.n.m.

TABLA 4.9 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN HEMIPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
	Hebridae	1399	
Hemiptera	Naucoridae	473-2143	130-1730
	Veliidae	657-2851	130-2250

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Naucoridae se distribuye en la estribación nor-occidental, en las localidades; quebrada El Churo (1620 m), río Nangulví (1400 m) y río Junín (1400), mientras que presenta un registro en las laderas occidentales en el río Tandayapa a 1670 m.s.n.m. Esta familia presenta mayor cantidad de registros en el pie de montaña de cuenca, en las localidades de: río Chalhuayacu (1340 m), río Agragum (1290 m), río Junín (1280 m), río Chalguayacu (1060 m), quebrada Cielo Verde (500 m), río Guaycuyacu (500 m) y el cauce principal del río Guayllabamba a 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.22).

La familia Veliidae se ubica en las laderas occidentales, en las quebradas de Miraflores (2150 m) y quebrada Santa Rosa (2070 m). Respecto a la estribación nor-occidental, se ubica en los ríos; Junín (1400 m) y quebrada El Churo (1620 m). Adicionalmente, se extiende hasta el pie de montaña en cauce debajo del río Agragum (1280 m) y continuación del río Junín (1280 m), así como los ríos Chalhuayacu, Chalguayaco, Tatalá y Pachijal a 1340, 1060, 850 y 660 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.22).

En la Tabla 4.10 se presentan los órdenes Lepidoptera y Megaloptera representados únicamente por las familias Pyralidae y Corydalidae, respectivamente. Las cuales se extienden el rango altitudinal de Jacobsen (2004), ubicándose en el río Guambi (3170 m) y río Ushimana (2470, 2450 m) para la familia Pyralidae, y en el río Alambi (2140 m) y quebrada Santa Rosa (2070 m) para la familia Corydalidae.

TABLA 4.10 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN LEPIDOPTERA Y MEGALOPTERA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Lepidoptera	Pyralidae	1063-2470	130-2060
Megaloptera	Corydalidae	473-2135	130-1760

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Pyralidae presenta registros en la estribación nor-occidental en el río Nangulví a 1400 m.s.n.m., y el pie de montaña junto al río Chalguayaco a 1060 m.s.n.m. Por su parte la familia Corydalidae se distribuye en la estribación occidental, en los ríos Tandayapa (1850, 1670 m) y, así como la ladera nor-occidental, en los ríos; Quinde (1840, 1450 m), Junín (1660, 1400 m), Azabí (1650 m) y Nangulví (1400 m). Mientras, en la parte baja de la cuenca en el pie de montaña se ubica en los ríos de; Chalhuayacu (1340 m), Agragum (1290 m), continuación del río Junín (1280 m), Chalguayaco (1070 m), Pachijal (660 m), quebrada Cielo Verde (540 m), Guaycuyacu (500 m) y el cauce principal del río Guayllabamba a desde 470 a 510 m.s.n.m (Ver Anexo 3.23).

En la Tabla 4.11 se observan los rangos altitudinales del Filo Mollusca, que está conformado por cinco familias, las cuales se distribuyen en principalmente en el valle central de la cuenca de estudio. Para la familia Sphaeriidae se presenta un rango altitudinal restringido por debajo de los 2450 m.s.n.m., mientras la familia Planorbidae extiende su rango altitudinal con un registro a los 4000 m.s.n.m., en el río Carcelén, respecto a estudios previos realizados por Jacobsen (2004).

TABLA 4.11 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL FILO MOLLUSCA

Filo	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
	Hyriidae	2899-2724	
	Lymnaeidae	540-3953	477-4065
Mollusca	Physidae	511-3061	330-3080
	Planorbidae	3120-3988	1500-3600
	Sphaeriidae	2453-3988	160-4065

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Physidae se encuentran con mayor frecuencia en el valle central, en las localidades; río Inga (1610 m), río Pita (2500 m), quebrada Suruhuaycu (2530 m), quebrada Callehuaycu (2520 m) y río Ushimana (2450 – 2480 m). A su vez, presenta registros en la ladera oriental en el río Guambi a 3060 m.s.n.m., ladera occidental en el río Pichán a 2500 m.s.n.m., y en el pie de montaña en el cauce del río Guayllabamba a 500 m.s.n.m (Ver Anexo 3.24).

De igual manera, la familia Lymnaeidae se concentra en la parte media de la cuenca, en los ríos; Sambache (3020, 2820 y 2780 m), Pita (2900 – 2500 m), San Pedro (2560 – 2300 m), Ushimana (2470 m) y quebrada Callehuaycu (2520 m). En contraste, se ubican registros en los extremos de la cuenca, en el río Gualpaloma en la cordillera oriental y la quebrada Cielo Verde en el pie de montaña, a 4000 y 540 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.24).

La familia Sphaeriidae presenta registros a partir de los flancos orientales del volcán Cotopaxi y Sincholagua, en los afluentes del río Pita en el rango altitudinal de 3800 a 4000 m.s.n.m. Hasta ubicarse en la cuenca media de la cuenca en los ríos Pita y Ushimana a los 2500 y 2400 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.25).

Las familias Hyriidae y Planorbidae presentan pocos registros, la familia Hyriidae se concentra en el valle de la cuenca, en el río Pita entre los 2700 a 2900 m.s.n.m. Mientras, la familia Planorbidae se ubica en el río Carcelén a 4000 m.s.n.m., y en la quebrada Monjas a 3120 m.s.n.m en la estribación occidental (Ver Anexo 3.25).

En la Tabla 4.12 se observan los rangos altitudinales de la Clase Malacostraca, donde la familia Hyalellidae se encuentra ampliamente distribuida entre el rango de 2470 a 4000 m.s.n.m., respecto a estudios previos realizados por Jacobsen (2004) registrándose hasta los 1240 m.s.n.m. Mientras, se registra rangos nuevos para las familias Gammaridae y Oniscidae.

TABLA 4.12 RANGOS ALTITUDINALES PARA LA CLASE MALACOSTRACA

Clase	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Malacostraca	Gammaridae	2899-2444	
	Hyalellidae	2470-3988	1240-4140
	Oniscidae	3061-1491	
	Palaemonidae	2808	

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Hyalellidae empieza su distribución altitudinal en los aportantes del río Pita, en los ríos; Carcelén (4000 m), Gualpaloma (3950 m), Chamilco (3880 m) y Chan (3810 m). Se presentan registros en las estribaciones orientales en el río Guambi entre 3060 a 3170 m.s.n.m., y estribaciones occidentales en el río Pichán y quebrada Monjas a 3550 y 3380 m.s.n.m., respectivamente. Se extiende en la cuenca media en los ríos; Sambache (2670 – 3120 m), Pita (2880, 2500 m), quebrada El Cabre (2900 m), Santa Clara (2800 m) y Ushimana (2470 m) (Ver Anexo 3.26).

En otro grupo, se encuentran a las familias Gammaridae y Oniscidae, las que se distribuyen en parte media de la cuenca. La familia Gammaridae se ubica en los ríos Pita (2720 – 2900 m) y San Pedro (2440 – 2560 m). Mientras la familia Oniscidae se ubica en las localidades de; Guambi (3060 m), Pita (2500 m) y Cubi (1500 m) (Ver Anexo 3.26).

En la Tabla 4.13 se observan los rangos altitudinales del Filo Annelida distribuyéndose en tramos similares de la cuenca comprendidos entre los flancos orientales y valle central de la cuenca. Las familias Glossiphoniidae y Haplotaxidae

cubren el tramo de la cuenca entre los 2300 a 4000 m.s.n.m., mientras la familia Tubificidae se encuentra en varios tramos de la cuenca hasta los 3170 m.s.n.m.

TABLA 4.13 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL FILO ANNELIDA

Filo	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m
Annelida	Glossiphoniidae	2308-3953
	Haplotaxidae	2469-3988
	Tubificidae	473-3168

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Tubificidae se distribuye principalmente en el valle central de la cuenca, en los ríos; Pita (2870, 2500 m), Santa Clara (2830 m), Ushimana (2450 m), San Pedro (2300 – 2560 m), Chiche (2080 m), Pisque (1900 m) y Cubi (1500 m). Así como, las quebradas; Caupicho (2940, 2920 m), Ortega (2920, 2910 m), El Carmen (2900), Cabre (2900 m), Yacuchupa (2660 m), Suruhuaycu (2530 m), Callehuaycu (2520 m) y Chiñuca (1900 m). Adicionalmente, se localiza en la RVSP entre los 2660 a 3120 m.s.n.m, afluentes del río Guambi entre 3070 a 3160 m.s.n.m., y en la parte baja de la cuenca en la quebrada Cielo Verde y río Guayllabamba a 540 y 473 m.s.n.m., respectivamente (Ver Anexo 3.27).

La familia Glossiphoniidae se registra en los aportantes del río Pita en los flancos orientales de la cuenca, en los ríos; Gualpaloma (3950 m), Sinig (3890 m), Chan (3810 m) y Totorá Chupa (3970 m). Se concentra en el valle central de la cuenca en los ríos Ushimana (2450 – 2470 m), San Pedro (2300, 2440, 2560 m), así como la quebrada Ortega (2980 m), adicionalmente se ubica en las estribaciones occidentales en la quebrada Monjas entre los 3120 a 3380 m.s.n.m (Ver Anexo 3.28).

La familia Haplotaxidae se extiende desde los flancos orientales de la cuenca en los aportantes del río Pita cubriendo los 3800 a 4000 m.s.n.m. Esta familia presenta registros en la estribación occidental en el río Pichán (3550 m) y quebrada Monjas (3120, 3380 m). Se concentra una gran cantidad de registros en el valle central de

cuenca, en los ríos Pita (2670 – 2900 m) y Ushimana (2450 – 2490 m), así como la quebrada Ortega (2980 m), aportante del río Machángara y quebradas Rumihuaycu (2590 m) y Callehuaycu (2520 m) aportantes del río Ushimana (Ver Anexo 3.28).

En la Tabla 4.14 se observan los rangos altitudinales del Orden Tricladida, conformadas por dos familias las cuales se concentran en la parte media y alta de la cuenca de estudio. Para la familia Dugesiidae presenta un rango altitudinal hasta los 3550 m.s.n.m., mientras la familia Planariidae presenta un rango altitudinal en toda la cuenca de estudio, contrastando estudios previos realizados por Jacobsen (2004).

TABLA 4.14 RANGOS ALTITUDINALES PARA EL ORDEN TRICLADIDA

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m	Rango Altitudinal (m.s.n.m) JACOBSEN, 2004
Tricladida	Planariidae	540-3988	130-4140
	Dugesiidae	473-3549	

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La familia Dugesiidae se concentra en la parte media de la cuenca, en las localidades; río Pita (2500 m), quebrada El Cabre (2900 m), quebrada Yacuchupa (2660 m) y río San Pedro (2560 m). Presenta registros en la estribación oriental en el los aportantes del río Guambi (3070, 3170 m), flanco oriental (3550 m), pie de montaña occidental en los ríos Atragum y Guayllabamba desde 1280 a 470 m.s.n.m (Ver Anexo 3.29).

La familia Planariidae presenta varios registros en los flancos orientales del volcán Cotopaxi y Sincholagua en el rango altitudinal de 3810 a 4000 m.s.n.m. Adicionalmente, se distribuye en la cordillera occidental en la quebrada Mojas entre los 3120 a 33380 m.s.n.m., valle central en la quebrada Ortega a 2980 m.s.n.m., y pie de montaña de la cuenca en la quebrada Cielo Verde a 540 m.s.n.m (Ver Anexo 3.29).

Las tablas 4.15 y 4.16 muestran la distribución de los órdenes de macroinvertebrados encontrados, conjuntamente con su abundancia relativa en función de nueve zonas agrupadas para rango altitudinal y ecosistema común. Es así que muchas poblaciones de macroinvertebrados se encuentran relacionadas y viven agrupadas en una zona específica de la cuenca (Ver Anexo 4.1).

TABLA 4.15 NÚMERO DE ORGANISMOS REGISTRADOS POR GRADIENTE ALTITUDINAL SEGÚN EL ORDEN

Órdenes	Cuenca Alta		Cuenca Media						Cuenca Baja
	4000-3810	3550-3340	2900-2700	3170-3060	3120-2670	2960-1500	2480-1670	1810-1060	1340-470
	m.s.n.m								
	A	F	B	C	D	E	G	H	I
Ephemeroptera	2397	155	171	278	2462	940	259	358	240
Plecoptera	51	11		1	46		49	187	37
Trichoptera	2801	55	179	330	1656	63	187	341	616
Coleoptera	335	23	27	182	750	13	281	346	205
Diptera	10328	41	369	1103	7396	11204	233	199	260
Hemiptera					2	4	33	97	127
Lepidoptera				1		3		2	
Megaloptera							23	60	21
Odonata			1			3	53	12	100
Amphipoda	1022	79	32	11	192	441			
Tricladida	484	11		80	8	391		3	6
Basommatophora	4		8	4	88	885	1		63
Veneroida	40				2	5			
Rhynchobdellida	8				2	705			4
Haplotaxida	1548	5	75	70	127	3174		1	9
TOTAL	19018	380	862	2060	12731	17831	1119	1633	1688

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En este caso, la orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, los cuáles son considerados como organismos sensibles a alteraciones de ecosistémicos. Se ubican principalmente en la parte alta, estribaciones de la cordillera y parte baja de la cuenca, al contrario del valle central de la cuenca donde disminuye abundancia relativa (Ephemeroptera = 5,3 % y Trichoptera = 0,4%) o desaparece por completo como es el caso del orden Plecoptera.

Por otra parte, se puede evidenciar un aumento en la presencia del orden Coleoptera en las estribaciones occidentales (G = 25,1 y H = 21,2) y cuenca baja (I

= 21,2), respecto a la cuenca alta, estribaciones orientales y valle central, donde presenta una frecuencia inferior al 9%. De igual manera, organismos registrados con menor número de organismo registrados como el caso de los órdenes Hemíptera, Lepidóptera, Megaloptera y Odonata, se distribuyen en estribaciones occidentales y cuenca baja, respecto al resto de la cuenca con determinados casos aislados.

TABLA 4.16 ABUNDANCIA RELATIVA SEGÚN EL ORDEN

Órdenes	Cuenca Alta		Cuenca Media						Cuenca Baja
	3988	3549	2902	3168	3119	2957	2481	1813	473
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3810	3343	2700	3061	2667	1491	1343	1063	851
m.s.n.m									
	A	F	B	C	D	E	G	H	I
Ephemeroptera	12,6	40,8	19,8	13,5	19,3	5,3	23,1	23,6	23,6
Plecoptera	0,3	2,9		0,05	0,4		4,4	11,5	11,5
Trichoptera	14,7	14,5	20,8	16,0	13,0	0,4	16,7	20,9	20,9
Coleoptera	1,8	6,1	3,1	8,8	5,9	0,1	25,1	21,2	21,2
Diptera	54,3	10,8	42,8	53,5	58,1	62,8	20,8	12,2	12,2
Hemiptera					0,02	0,02	2,9	5,9	5,9
Lepidoptera				0,05		0,02		0,1	0,1
Megaloptera							2,1	3,7	3,7
Odonata			0,1			0,02	4,7	0,7	0,7
Amphipoda	5,4	20,8	3,7	0,5	1,5	2,5			
Tricladida	2,5	2,9		3,9	0,1	2,2		0,2	0,2
Basommatophora	0,02		0,9	0,2	0,7	5,0	0,1		
Veneroida	0,2				0,02	0,03			
Rhynchobdellida	0,04				0,02	4,0			
Haplotaxida	8,1	1,3	8,7	3,4	1,0	17,8		0,1	0,1
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

El orden Diptera presenta una distribución muy cosmopolita en toda la cuenca con mayor presencia en la cuenca alta, en la zona A con el 54,3% y la estribación oriental en las zonas B, C y D con una presencia del 42,8, 53,5 y 58,1, respectivamente. Adicionalmente, la mayor aparición del orden Diptera se registra en el valle central en la zona E con el 62,8%, al igual que la familia Haplotaxidae con el 17,8%.

4.2.2 ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

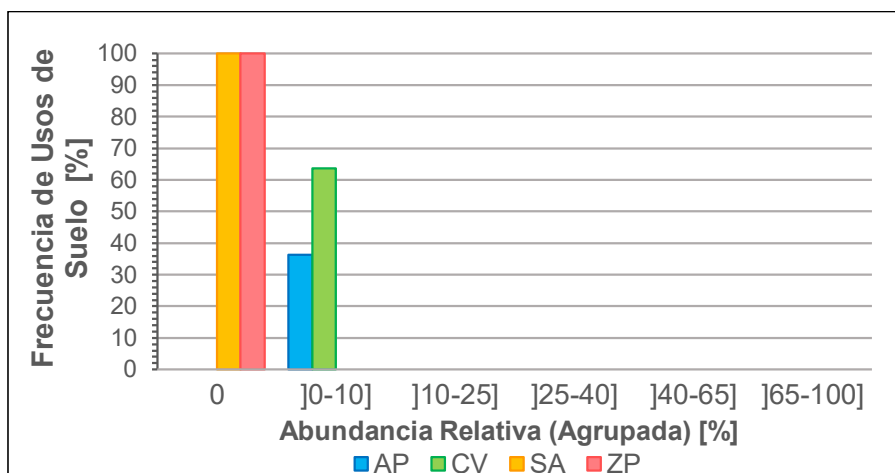
Para observar la relación a detalle de las principales familias respecto un determinado uso de suelo, se establecieron diferentes rangos de abundancia relativa para evaluar el peso específico que representa cada familia con relación al tipo de uso de suelo que pertenece. Para una mejor visualización de esta relación, las familias de macroinvertebrados se encuentran agrupadas según su jerarquización de sensibilidad empleada por el índice BMWP. La calificación de sensibilidad empleada para los grupos de organismos biológicos se encuentra a detalle en el Anexo 5.

A continuación, se presentan los resultados de las familias que presentan una elevada sensibilidad (10 – 9) y de aquellas más tolerantes (2 – 1).

4.2.2.1 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 10 del índice BMPW

En el Gráfico 4.1, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Anomalopsychidae, con un total de 11 muestras registradas. Esta familia no presenta eventos para tipos de suelo de media y mala calidad ecológica, como son los Suelos Agrícolas y Zonas Pobladas. La abundancia relativa entre 0 – 10%, se distribuyen para los tipos de suelo de Área Protegida (4 eventos), y Cobertura Vegetal (7 eventos), con un porcentaje de frecuencia de 36 y 64%, respectivamente.

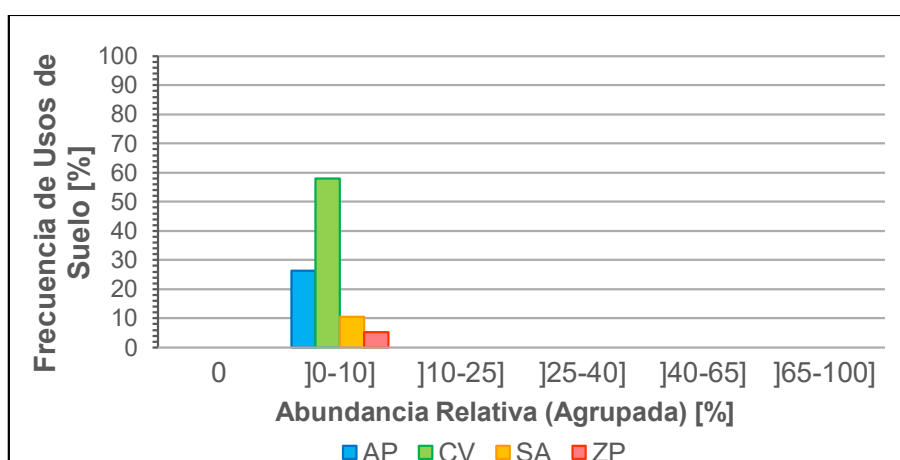
GRÁFICO 4.1 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA ANOMALOPSYCHIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el Gráfico 4.2, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Blepharoceridae, con un total de 19 muestras registradas. Para la abundancia relativa entre 0 – 10% se observa el mayor número de eventos para el tipo de suelo de Cobertura Vegetal con 11, con una frecuencia del 58%. Seguido de Áreas Protegidas con 2 eventos, con una frecuencia del 26%. En contraste, en menor frecuencia se encuentran a los Suelos Agrícolas (2 eventos) y Zonas Pobladas (1 evento), con una frecuencia del 11 y 5%, respectivamente.

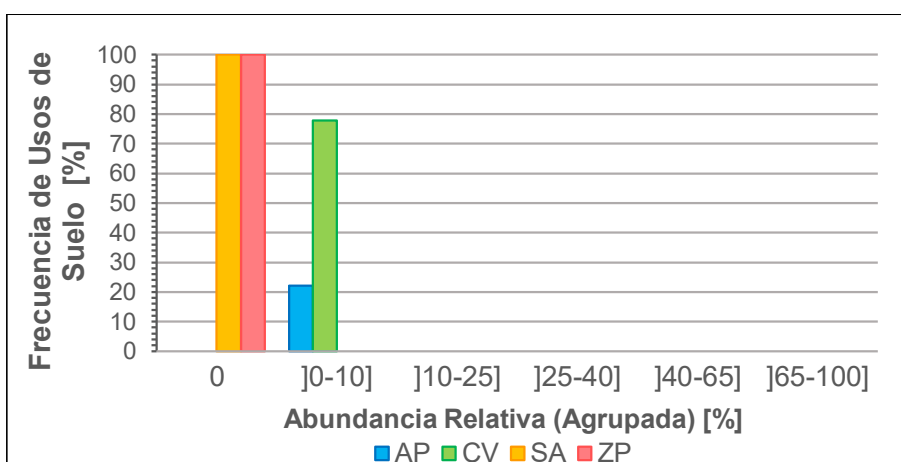
GRÁFICO 4.2 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA BLEPHAROCERIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el Gráfico 4.3, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Calamoceratidae, con un total de 9 muestras registradas. Esta familia no presenta registros para los tipos de suelo de Suelo Agrícola y Zona Poblada. Entre el rango de abundancia relativa para 0 – 10%, se encuentran los tipos de suelo de Cobertura Vegetal (2 eventos) y Área Protegida (7 eventos), con un porcentaje de frecuencia del 22 y 78%, respectivamente.

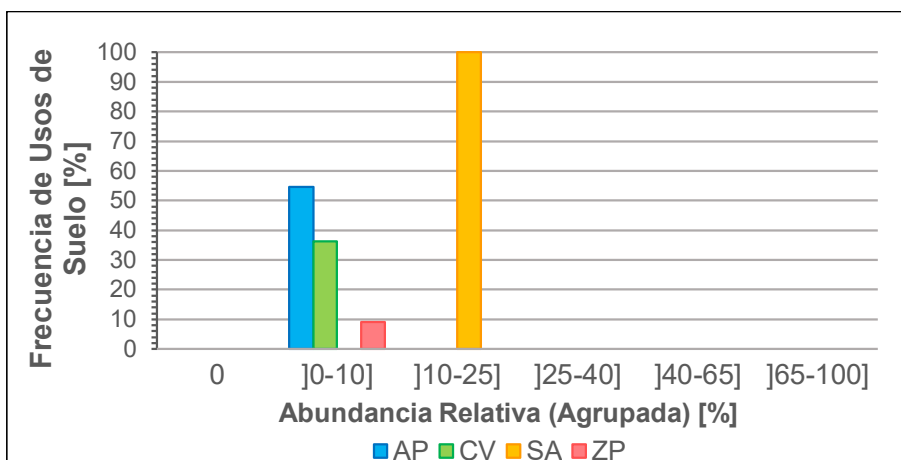
GRÁFICO 4.3 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA CALAMOCERATIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el Gráfico 4.4, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Glossosomatidae, con un total de 12 muestras registradas. Para el rango de abundancia relativa entre 0 a 10%, se encuentran los tipos de suelo de Áreas Protegidas (6 eventos), Cobertura Vegetal (4 eventos) y Zona Poblada (1 evento) con un porcentaje de frecuencia de 55, 36 y 9%, respectivamente. Mientras para el rango de abundancia relativa entre 10 a 25%, se presenta un registro para Suelo Agrícola, representa el 100% de muestra con esta característica.

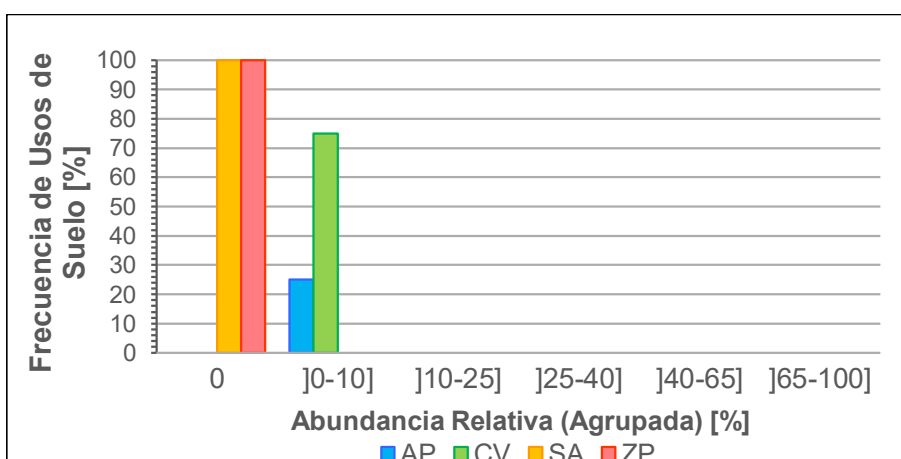
GRÁFICO 4.4 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GLOSSOSOMATIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el Gráfico 4.5 se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Gripterygidae, con un total de 12 muestras registradas. Para el rango de abundancia relativa de 0 – 10%, se encuentran tipos de suelo de buena calidad ecológica, siendo la Área Protegida (3 eventos) y Cobertura Vegetal (9 eventos) para un porcentaje de frecuencia del 25 y 75%, respectivamente.

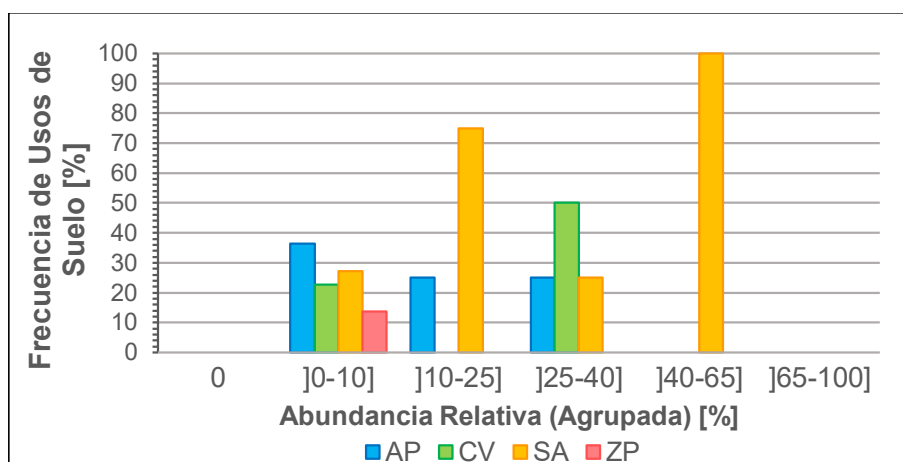
GRÁFICO 4.5 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GLILOPTERYGIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

En el Gráfico 4.6, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Hydroptilidae, con un total de 31 muestras registradas. La abundancia relativa entre el rango de 0 a 10%, se distribuyen para Área Protegida (8 eventos), Cobertura Vegetal (5 eventos), Suelo Agrícola (6 eventos) y Zona Poblada (3 eventos) con un porcentaje de frecuencia de 36, 23, 27 y 14%, respectivamente.

GRÁFICO 4.6 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HYDROPTILIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

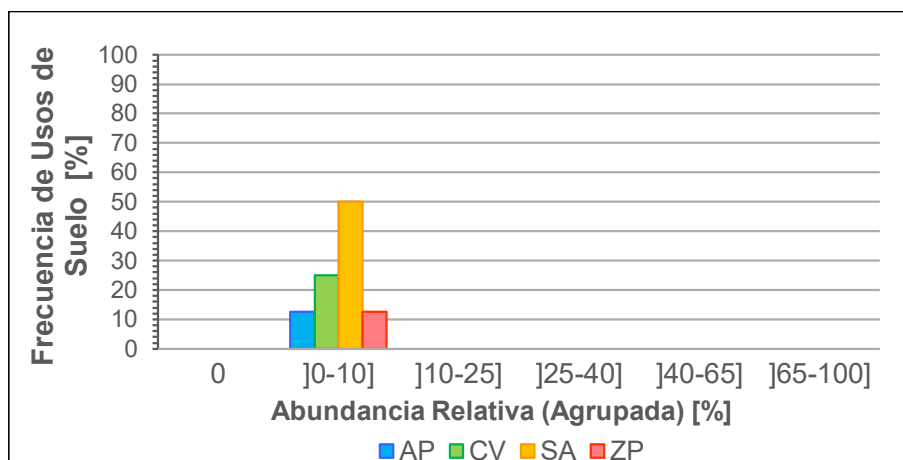


Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

Para el rango de abundancia relativa entre 10 a 25%, se encuentran los tipos de suelo de Área Protegida con 1 muestra registrada y Suelo Agrícola con 3 eventos, con un porcentaje de 25 y 75%, respectivamente. A su vez, a 25 a 40% presenta un aumento en la frecuencia de Cobertura Vegetal, con un 50% respecto al Suelo Agrícola y Área Protegida. Finalmente, entre el 40 – 65% se encuentra un registro de Suelo Agrícola representa el 100% de muestra con esta característica.

En el Gráfico 4.7, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Odontoceridae, con un total de 8 muestras registradas. En el rango de abundancia relativa de 0 – 10%, se distribuye para Área Protegida (1 eventos), Cobertura Vegetal (2 eventos), Suelo Agrícola (4 eventos) y Zona Poblada (1 eventos), con un porcentaje de frecuencia de 13, 25, 50 y 13%, respectivamente

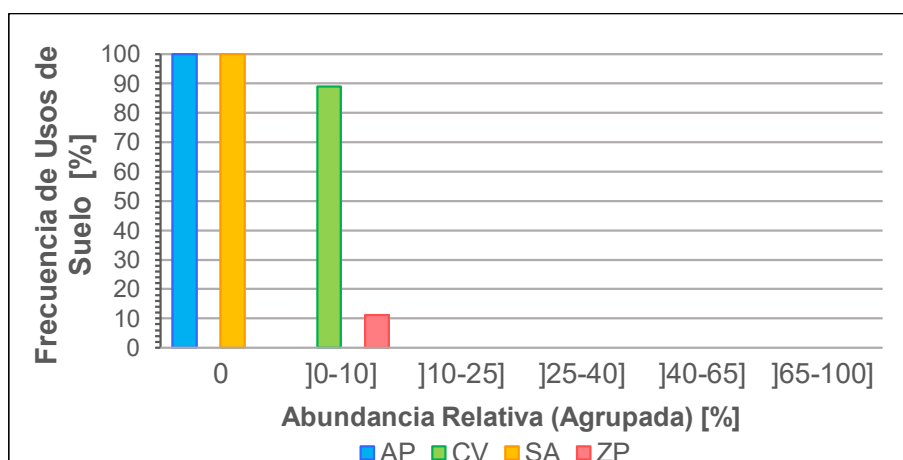
GRÁFICO 4.7 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA ODONTOCERIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

En el Gráfico 4.8, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Oligoneuriidae, con un total de 9 muestras registradas. Esta familia no presenta registros para los tipos de suelo de Área Poblada y Suelo Agrícola. Mientras, para el rango de abundancia relativa entre 0 – 10%, se presentan los tipos de suelo de Cobertura Vegetal (8 eventos) y Zona Poblada (1 evento), con una frecuencia del 89 y 11%, respectivamente.

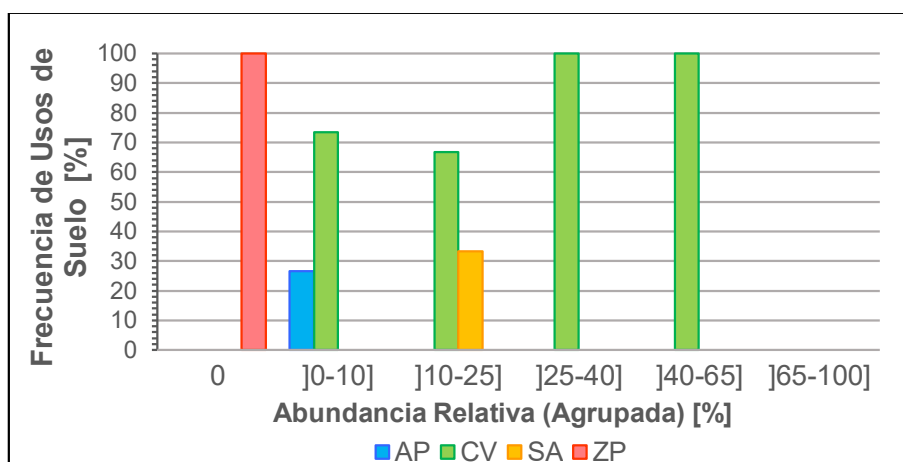
GRÁFICO 4.8 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA OLIGONEURIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

En el Gráfico 4.9, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Perlidae, con un total de 39 muestras registradas. Para la abundancia relativa entre el rango de 0 – 10%, se distribuye para los tipos de suelo de Área Protegida (8 eventos) y Cobertura Vegetal (22 eventos), con una frecuencia del 27 y 73%, respectivamente.

GRÁFICO 4.9 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PERLIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

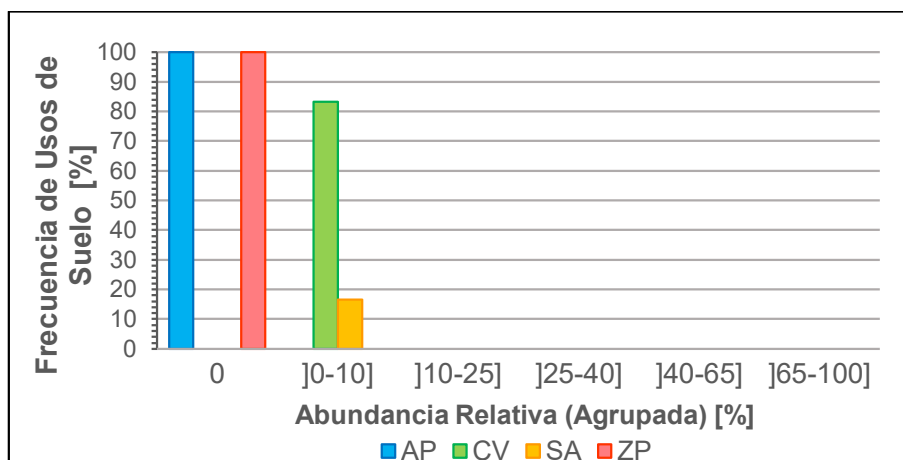


Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

Adicionalmente, no se registraron datos para suelos de mala calidad ecológica como Zonas Pobladas. En contraste, entre el rango de abundancia relativa de 10 – 25%, se encuentran los tipos de suelo de Cobertura Vegetal (4 eventos) y Suelo Agrícola (2 eventos), para una frecuencia del 73 y 27%, respectivamente. Mientras, para los rangos de abundancia relativa entre 25 – 40% y 40 – 65% únicamente se encuentran registros para Cobertura Vegetal representa el 100%.

En el Gráfico 4.10, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Polythoridae, con un total de 6 muestras registradas. Esta familia no presenta registros para Zona Poblada y Área Poblada, debido a que esta familia se encuentra por debajo de los 2072 m.s.n.m, por lo cual no se presentan datos para estos usos de suelo. Para el rango entre 0 – 10%, se para los tipos de suelo de Cobertura Vegetal (5 eventos) y Suelos Agrícola (1 evento), se presenta una frecuencia del 83 y 17%, respectivamente.

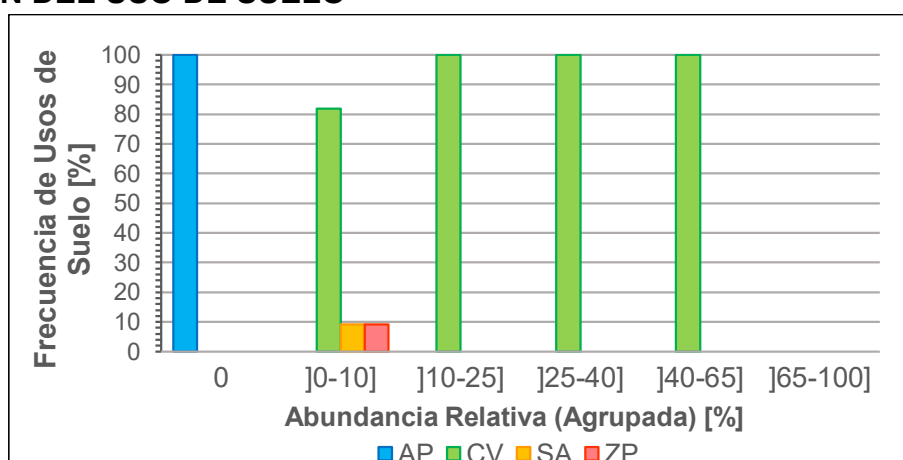
GRÁFICO 4.10 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA POLYTHORIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán R., Guallichico E.

En el Gráfico 4.11, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Psephenidae, con un total de 17 muestras registradas. Dicha familia no presenta registros en Áreas Protegidas. Mientras, para el rango de abundancia relativa entre 0 – 10%, se distribuye entre los usos de suelo de Cobertura Vegetal (9 eventos), Suelo Agrícola (1 evento) y Zona Poblada (1 evento), registrando frecuencias del 82 y 9%, respectivamente. Adicionalmente, para el 10 – 25%, 25 – 40% y 40 – 65% se registran únicamente eventos para Cobertura Vegetal representa el 100% del porcentaje de frecuencia.

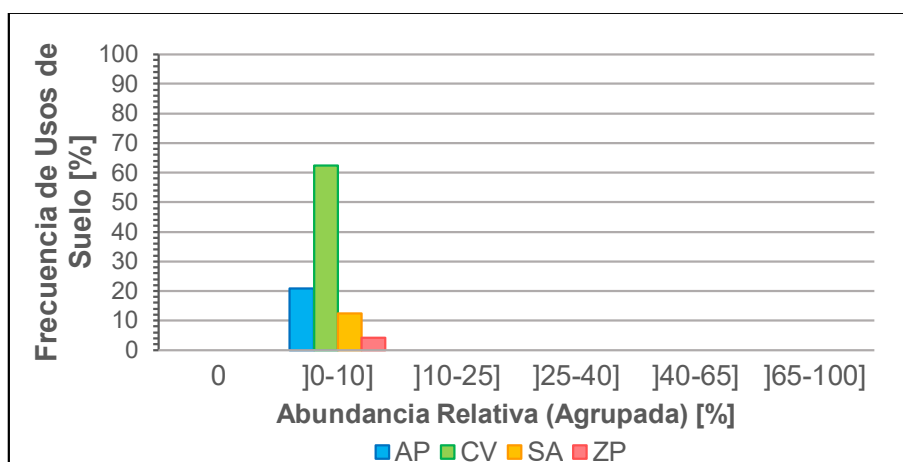
GRÁFICO 4.11 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PSEPHENIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el gráfico 4.12, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Ptilodactylidae, con un total de 24 muestras registradas. Para la abundancia relativa entre el rango de 0 – 10%, se distribuye para los tipos de suelo de Área Protegida (5 eventos), Cobertura Vegetal (15 eventos), Suelo Agrícola (3 eventos) y Zona Poblada (1 evento) con una frecuencia del 21, 63, 13 y 4%, respectivamente.

GRÁFICO 4.12 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PTILODACTYLIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

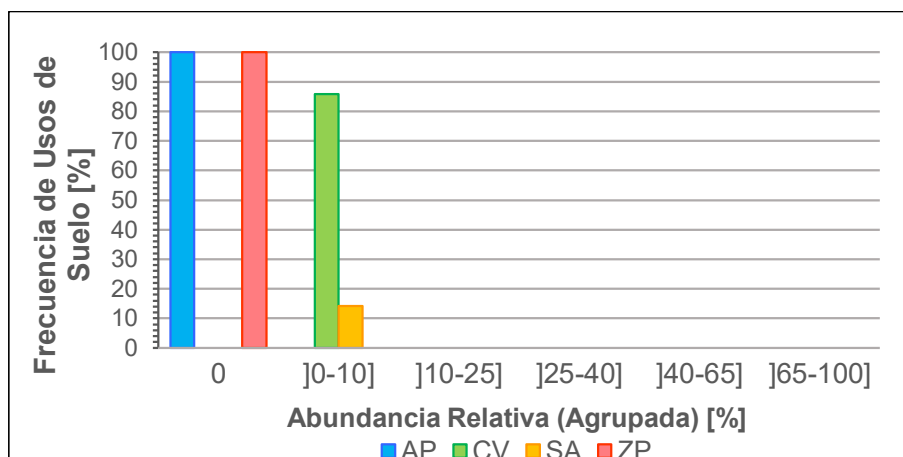


Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

4.2.2.2 *Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 9 del índice BMPW*

En el gráfico 4.13, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Gomphidae, con un total de 7 muestras registradas. Esta familia no presenta registros para los tipos de suelo de Área Protegida y Zona Poblada, sin embargo, esta familia se encuentra por debajo de los 2143 m.s.n.m, con lo cual no se presentan datos para estos usos de suelo. Para el rango entre 0 – 10%, se presentan los tipos de suelo de Cobertura Vegetal (6 eventos) y Suelo Agrícola (1 evento) las frecuencias del 86 y 14%, respectivamente.

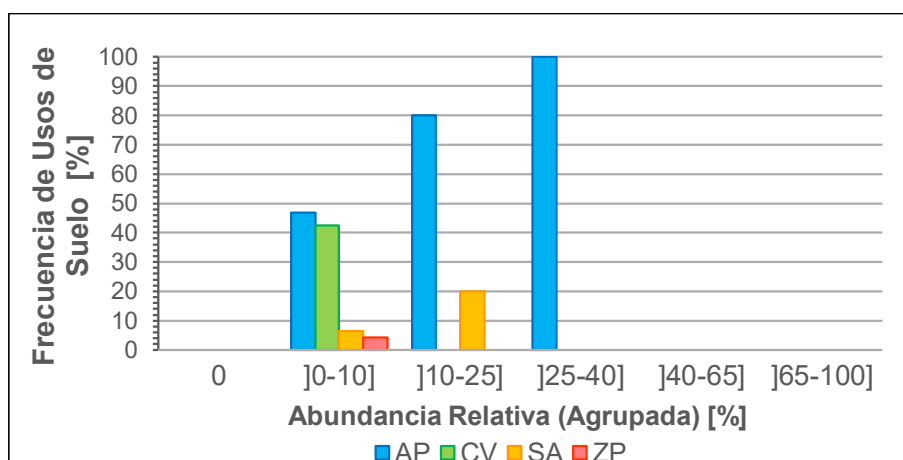
GRÁFICO 4.13 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA GOMPHIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el gráfico 4.14, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Hydrobiosidae, con un total de 53 muestras registradas. Se observa predilección para los tipos de suelo de buena calidad con Área Protegida (22 eventos) y Cobertura Vegetal (20 eventos), con una frecuencia del 47 y 43%, respectivamente. Respecto a los tipos de suelo de mediana y mala calidad para Suelo Agrícola (3 eventos) y Zona Poblada (2 eventos), con 6 y 4% restante.

GRÁFICO 4.14 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HYDROBIOSIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

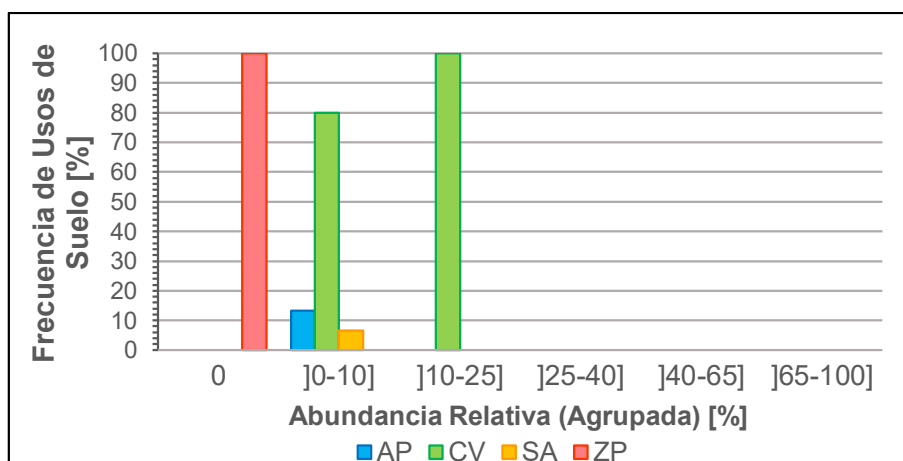


Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Para el rango de abundancia relativa entre 10 a 25%, se distribuye entre Área Protegida (4 eventos) y Suelo Agrícola (1 evento), con el 80 y 20%, respectivamente. Finalmente, se registró entre el 25 – 40%, para el uso de suelo con Área Protegida (1 evento) representa el 100% de frecuencia para este rango.

En el gráfico 4.15, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Leptophlebiidae, con un total de 31 muestras registradas, entre las que no se presentan datos para Zona Poblada. Para el rango de abundancia relativa entre 10 – 25%, se encuentra con mayor número de eventos para suelos de Cobertura Vegetal con 24 eventos, con una frecuencia del 80%, seguido en menor medida a Áreas Protegidas (4 eventos) y Suelo Agrícola (2 eventos), con el 13 y 7%, respectivamente. Adicionalmente, para el rango entre 10 – 25% se encuentra un registro para Cobertura Vegetal representa con el 100% del porcentaje de frecuencia.

GRÁFICO 4.15 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA LEPTOPHLEBIIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO

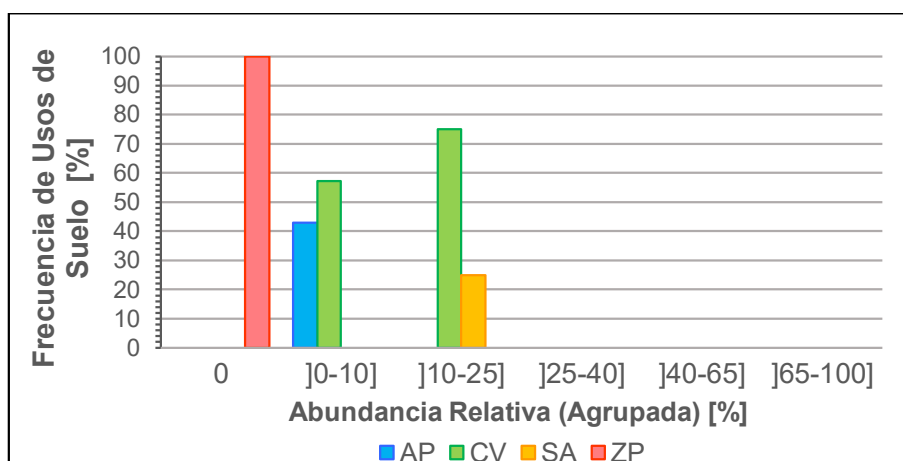


Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el gráfico 4.16, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Philopotamidae, con un total de 11 muestras registradas, donde no se registró para suelo de Zona Poblada. La abundancia relativa para el rango de 0 – 10% para

Cobertura Vegetal (4 eventos) y Área Protegida (3 eventos) presenta un porcentaje de frecuencia de 57 y 43%, respectivamente.

GRÁFICO 4.16 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA PHILOPOTAMIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



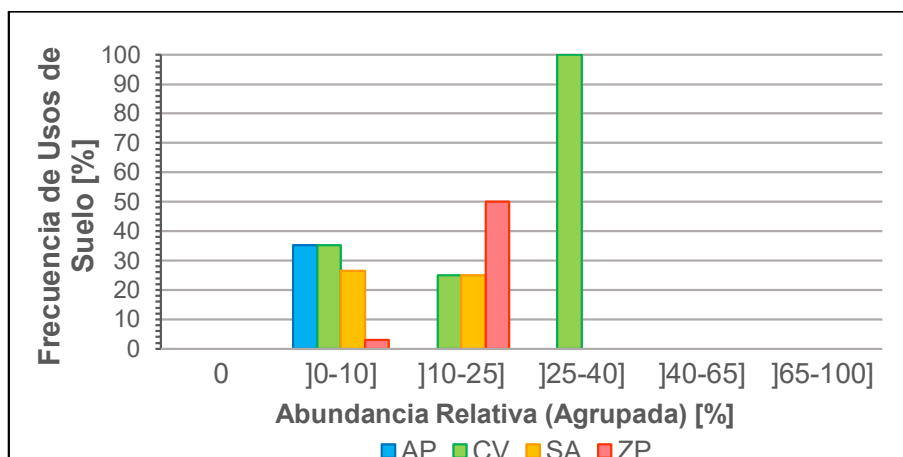
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Mientras, para la abundancia relativa entre 10 – 25% se encuentran los usos de suelo de Cobertura Vegetal y Suelo Agrícola, presenta un porcentaje de frecuencia de 75 y 25%, respectivamente. Es decir, de un total de 4 muestras registradas, se registraron 3 eventos para Cobertura Vegetal y 1 evento para Suelo Agrícola.

En el gráfico 4.17, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Scirtidae, con un total de 39 muestras registradas. La abundancia relativa entre 25 a 40%, presenta un único registro para Cobertura Vegetal representa el 100% de muestra con esta característica.

Para el rango de abundancia relativa entre 0 – 10%, se distribuyen entre: Área Protegida (12 eventos), Cobertura Vegetal (12 eventos), Suelo Agrícola (9 eventos) y Zona Poblada (1 evento), con un porcentaje de frecuencia de 35, 26 y 3%, respectivamente. Mientras entre 10 – 25%, en Zona Poblada (2 eventos) presenta una frecuencia del 50%, seguido para Suelo Agrícola y Cobertura Vegetal con 1 registro cada uno presentando una frecuencia del 25%, respectivamente.

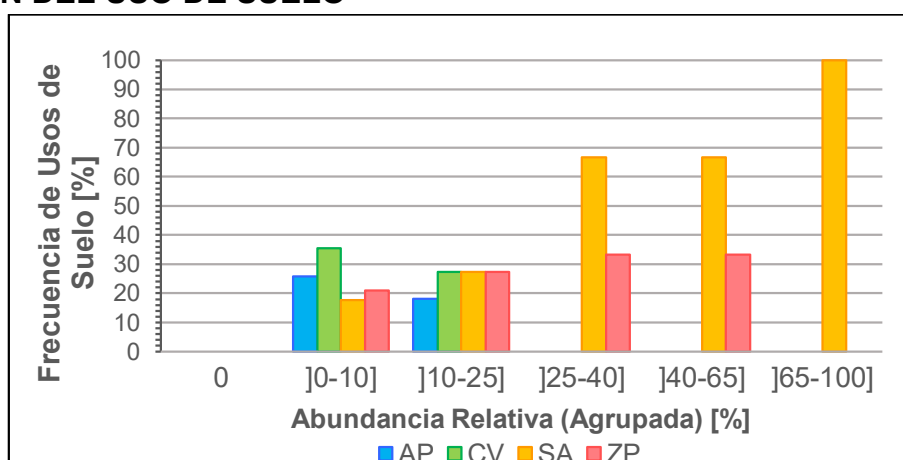
GRÁFICO 4.17 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA SCIRTIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el gráfico 4.18, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Simuliidae, con un total de 80 muestras registradas. La abundancia relativa entre el rango de 0 a 10%, se distribuyen entre; Área Protegida (16 eventos), Cobertura Vegetal (22 eventos), Suelo Agrícola (11 eventos) y Zona Poblada (13 eventos), con frecuencias de 26, 35, 18 y 21%, respectivamente. Para el rango de abundancia relativa entre 10 a 25%, el porcentaje de frecuencia con 27% se distribuye para los tipos de suelo de Cobertura Vegetal, Suelo Agrícola y Zona Poblada con 3 eventos respectivamente.

GRÁFICO 4.18 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA SIMULIIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



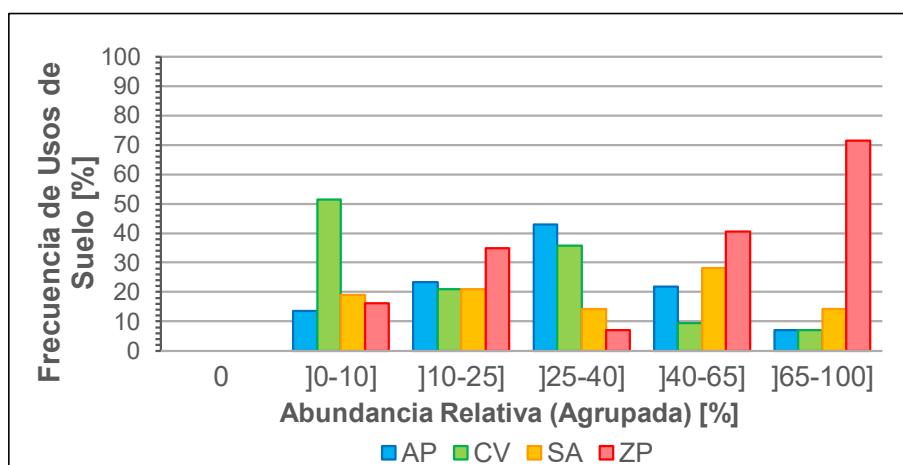
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Para la abundancia relativa entre los rangos de 25 – 40% y 40 – 65%, se encuentran suelos de media y mala calidad para Suelo Agrícola (2 eventos) y Zona Poblada (1 evento) con una frecuencia del 67 y 33%, respectivamente. Adicionalmente, para el rango entre 65 – 100% se presenta un registro para Suelo Agrícola que representa el 100% de muestra con esta característica.

4.2.2.3 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 2 del índice BMPW

En el gráfico 4.19, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Chironomidae, con un total de 142 muestras registradas, en contraste, esta familia abarca diferentes rangos de abundancia relativa y tipos de suelo. A su vez, para porcentajes de abundancia relativa mayor al 65% se encuentra el tipo de suelo de Zona Poblada (10 eventos), con una frecuencia del 71 %.

GRÁFICO 4.19 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA CHIRONOMIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Entre el rango de abundancia relativa de 0 – 10%, se registra el mayor número de para suelos de Cobertura Vegetal con 19 eventos y una frecuencia del 51%, en segundo lugar, es para Suelo Agrícola presentando 7 muestras, con el 19%, seguido de Zonas Pobladas con 6 muestras representando el 16% y con menor número de registros para Áreas Protegidas con 5 eventos, representando el 14% restante.

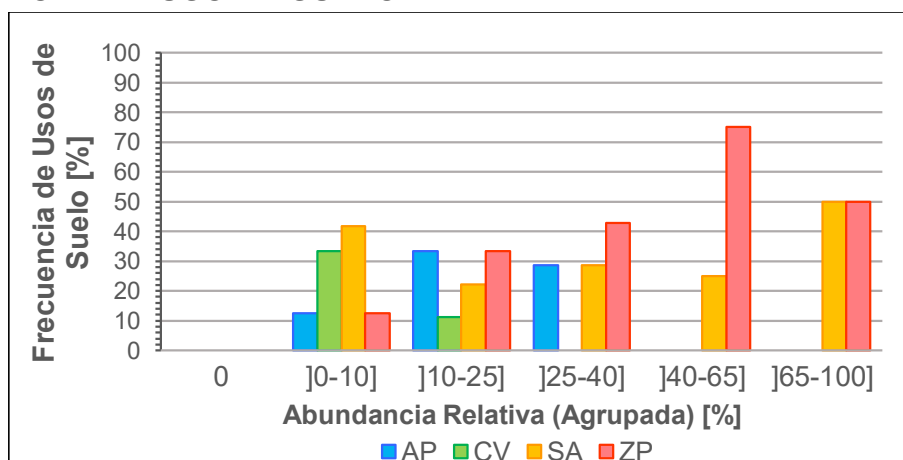
Para el rango de abundancia relativa entre 10 – 25%, se distribuyen entre: Área Protegida (10 eventos), Cobertura Vegetal (9 eventos), Suelo Agrícola (9 eventos) y Zona Poblada (15 eventos), con un porcentaje de frecuencia del 23, 21 y 35%, respectivamente. Mientras, entre el 25 – 40% se encuentran los tipos de suelo de Áreas Protegidas (6 eventos) y Cobertura Vegetal (5 eventos), con el 43 y 36% respectivamente, respecto, suelos de mediana y mala calidad para Suelo Agrícola (2 eventos) y Zona Poblada (1 evento), con 14 y 7% restante.

A su vez, entre el 40 – 60% de abundancia relativa se observan a los tipos de suelo de Zona Poblada (13 eventos) y Suelo Agrícola (9 eventos) y Área Protegida (7 eventos), con la mayor frecuencia el 41, 28 y 22%, respecto al 9% restante para Cobertura Vegetal con 3 eventos.

4.2.2.4 Análisis de macroinvertebrados de sensibilidad 1 del índice BMPW

En el gráfico 4.20, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Haplotaxidae, con un total de 48 muestras registradas, se distribuye para todos tipos de suelo y rangos de abundancia relativa. A su vez, para porcentajes de abundancia relativa mayor al 40% en Zona Poblada (3 eventos) y Suelo Agrícola (1 evento), presenta la mayor frecuencia respecto a otros rangos con el 75 y 50%.

GRÁFICO 4.20 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA HAPLOTAXIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



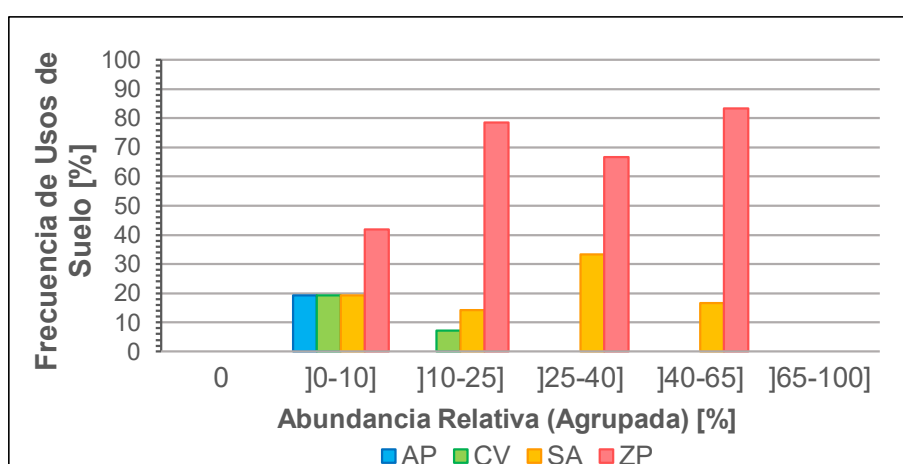
Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Entre el rango de abundancia relativa de 0 – 10%, se registra el mayor número de para Suelo Agrícola con 10 eventos y una frecuencia del 42%, en segundo lugar, es para Cobertura Vegetal presentando 8 muestras, con el 33%, seguido de Zonas Pobladas y Áreas Protegidas con 3 eventos representando el 13% para cada uno.

Para el rango de abundancia relativa entre 10 – 25%, se distribuyen entre: Área Protegida (3 eventos), Cobertura Vegetal (1 evento), Suelo Agrícola (2 eventos) y Zona Poblada (3 eventos), con un porcentaje de frecuencia del 33, 11 y 22%, respectivamente. Adicionalmente, entre 25 – 40% no se presenta el tipo de suelo de Cobertura Vegetal y sobresale la mayor frecuencia para Zona Poblada (3 eventos) con el 43%, respecto a Áreas Protegidas (2 eventos) y Suelo Agrícola (2 eventos), con el 29% restante.

En el gráfico 4.21, se observan los rangos de abundancia relativa para la familia Tubificidae, con un total de 52 muestras registradas. Para el rango de abundancia relativa entre 0 – 10%, se encuentran con 6 registros para los tipos de suelo de Área Protegida, Cobertura Vegetal y Suelo Agrícola, y con 13 para Zona Poblada, presentando un porcentaje de frecuencia de 19 y 42%, respectivamente.

GRÁFICO 4.21 ABUNDANCIA RELATIVA DE LA FAMILIA TUBIFICIDAE EN FUNCIÓN DEL USO DE SUELO



Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

La abundancia relativa entre el rango de 10 – 65%, se presentan los usos de suelo de baja calidad como son Suelo Agrícola y Zona Poblada principalmente para esta familia. Para Zonas Pobladas en los rangos de abundancia relativa entre 10 -25%, 25 – 40% y 40 – 65%, se registran 11, 2 y 5 eventos, presentado una frecuencia de 79, 67 y 83%, respectivamente. En contraste, para Suelo Agrícola en los rangos entre 10 -25%, 25 – 40% y 40 – 65%, se registran 2, 1 y 1 eventos, presentado una frecuencia de 14, 33 y 17%, respectivamente.

4.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS

La clasificación de grupos funcionales tróficos se encuentra en el Anexo 6.1, correspondiente al registro de macroinvertebrados presentes en la zona de estudio. La cuenca de estudio se encuentra dividida por 9 zonas descritas anteriormente capítulo 3, esto a su vez, nos permite caracterizar de manera general el comportamiento e identificar a que patrón de distribución altitudinal obedecen tanto la cuenca alta, las zonas que colindan con las estribaciones, cuenca baja y el desarrollo de los grupos funcionales tróficos en la zona con mayor perturbación antropogénica (Ver Tabla 4.17).

TABLA 4. 17 ABUNDANCIA RELATIVA SEGÚN EL GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS (GFTs)

	Cuenca Alta		Cuenca Media						Cuenca Baja
	3988	3549	2902	3168	3119	2957	2481	1813	473
Órdenes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3810	3343	2700	3061	2667	1491	1343	1063	851
m.s.n.m									
	A	F	B	C	D	E	G	H	I
Colectores	64,0	49,7	45,4	43,2	54,0	78,9	15,4	22,4	28,9
Recolectores									
Colectores	2,4	4,7	15,8	11,6	2,0	5,5	14,4	16,0	34,8
Filtradores									
Raspadores	11,9	13,2	31,2	24,9	7,6	8,1	42,5	35,3	11,5
Triturador	8,8	28,2	2,3	1,9	19,6	0,6	5,0	1,2	3,6
Predadores	13,0	4,2	5,3	18,5	16,8	6,8	22,7	25,2	21,2
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

Para la cuenca alta (A) y las estribaciones (B, C) pertenecientes a la cordillera oriental está representada por un claro dominio de los colectores recolectores (A = 64%, B = 45,4% y C = 43,2%) valores que son homólogos a las características de las zonas de bosque andino y la presencia de bosque de galería con aporte de material alóctono al cuerpo de agua.

Las zonas B y C entre los 2700 a 3168 m.s.n.m presenta un aumento del grupo funcional trófico de raspadores con el 31% y 25%, respecto a la cuenca alta (A = 12%). En contraste, se evidencia un descenso drástico de trituradores con el 2%, respectivamente. Estas zonas tienen un hábitat con quebradas rocosas con menor afloramiento de vegetación y mayor presencia de biofilm que favorece la presencia del grupo de raspadores.

La zona E está caracterizada por una mayor incidencia antropogénica comprende al rango altitudinal desde los 1491 a 2957 m.s.n.m. Esta presenta un dominio de colectores-recolectores (79 %) ocasionado por el aporte de carga orgánica de la zona urbana. Esto modifica la composición de grupos funcionales alimenticios, como se observa respecto a zonas cercanas (B, C y D) que registran menores porcentajes de colectores-recolectores entre el 43 – 54%.

Las zonas G y H ubicadas en la cordillera occidental de la cuenca del río Guayllabamba presentan heterogeneidad del hábitat por las mismas condiciones que presentan estos lugares (G y H), se ve reflejado en la similitud de las abundancias relativas reportadas para estas zonas. La distribución de los grupos funcionales tróficos, se ve distribuida por: raspadores (G = 43% y H = 35%) que representa al grupo dominante, seguido de predadores (G = 22,7 y H = 25,2%) que representan el mayor porcentaje de abundancia relativa respecto a todos los rangos altitudinales estudiados en la cuenca.

En el pie de montaña de la cuenca de estudio se presenta la zona I, donde confluyen los efluentes de las estribaciones (G y H). Esta zona presenta condiciones idóneas para los ríos de cuenca baja con corriente lenta, ancho y

calado mayor permite el aumento de la turbiedad. La materia orgánica particulada gruesa reducida por los trituradores en los aportantes, permiten condiciones ideales para el desarrollo de colectores-filtradores (35 %) por la presencia de materia orgánica particulada fina (Ver Anexo 6.2).

4.3 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS

En la Tabla 4.18 se puede observar los valores de frecuencias de registros de 51 familias para los distintos usos de suelo, con un total de 1591 datos. Esta tabla resumen muestra toda la base de datos agrupados para cada familia, y su distribución para los distintos usos de suelo. Se observa que determinadas familias presentan una mayor cantidad de frecuencia de registros son: Chironomidae con 142 registros, Baetidae con 115 registros, Elmidae con 94 registros, Ceratopogonidae con 80 registros y Simuliidae con 80 registros. Dichas familias se encuentran ampliamente distribuidas en todo el rango altitudinal y se encuentran presentes en todos los usos de suelo.

La clasificación de los usos de suelo se obtuvo que las zonas con Cobertura Vegetal como uso de suelo, presenta el mayor número de familias con 48, completando un total de 623 registros. Siendo, las familias Elmidae con 44 registros, Baetidae con 39 registros y Chironomidae con 37, las de mayor frecuencia para este tipo de uso de suelo. A su vez, las familias con menos cantidad de registros son Glossiphoniidae, Lymnaeidae y Sphaeriidae con 2 registros cada uno.

En segundo lugar, con mayor número de familias se encuentran los suelos de producción agrícola con 44, para un total de 296 registros. Distribuyéndose la cantidad de registros principalmente entre las familias Chironomidae, Baetidae y Simuliidae con 31, 25 y 19 registros, respectivamente. En contraste, este tipo de uso de suelo presenta un total de 25 familias con una frecuencia de aparición menor a 4 registros.

TABLA 4.18 TABLA DE FRECUENCIAS DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS RESPECTO AL USO DE SUELO

FAMILIAS	USOS DE SUELO				TOTAL
	Área Protegida	Cobertura Vegetal	Suelo Agrícola	Zona Poblada	
AESHNIDAE	0	4	1	0	5
ANOMALOPSYCHIDAE	4	7	0	0	11
BAETIDAE	29	39	25	22	115
BLEPHARICERIDAE	5	11	2	1	19
CALAMOCERATIDAE	2	7	0	0	9
CERATOGOGONIDAE	29	16	17	18	80
CHIRONOMIDAE	29	37	31	45	142
CORYDALIDAE	0	21	2	0	23
DOLICHOPODIDAE	6	2	1	3	12
DUGESIIDAE	0	6	3	14	23
ELMIDAE	28	44	19	3	94
EMPIDIDAE	10	16	9	5	40
GAMMARIDAE	0	0	9	4	13
GLOSSIPHONIIDAE	2	2	4	13	21
GLOSSOSOMATIDAE	6	4	1	1	12
GOMPHIDAE	0	6	1	0	7
GRIPOPTERYGIDAE	3	9	0	0	12
HAPLOTAXIDAE	8	9	18	13	48
HELICOPSYCHIDAE	3	3	0	1	7
HYALELLIDAE	21	14	7	4	46
HYDROBIOSIDAE	27	20	4	2	53
HYDROPHILIDAE	3	4	1	1	9
HYDROPSYCHIDAE	4	27	8	5	44
HYDROPTILIDAE	10	7	11	3	31
HYRIIDAE	0	0	5	0	5
LEPTOCERIDAE	6	27	13	5	51
LEPTOHYPHIDAE	11	19	3	0	33
LEPTOPHLEBIIDAE	4	25	2	0	31
LIBELLULIDAE	0	9	2	0	11
LIMNEPHILIDAE	11	10	0	0	21
LIMONIIDAE	22	21	3	0	46
LYMNAEIDAE	4	2	6	8	20
MUSCIDAE	15	3	4	6	28
NAUCORIDAE	0	16	0	0	16
OLIGONEURIIDAE	0	8	0	1	9
PERLIDAE	8	29	1	0	38
PHILOPOTAMIDAE	3	7	1	0	11
PHYSIDAE	0	0	6	14	20
PLANARIIDAE	7	9	3	2	21
POLYCENTROPODIDAE	0	6	1	0	7
POLYTHORIDAE	0	5	1	0	6
PSEPHENIDAE	0	15	1	1	17
PSYCHODIDAE	2	5	6	21	34
PTILODACTYLIDAE	5	15	3	1	24
SCIRTIDAE	12	14	10	3	39
SIMULIIDAE	18	25	19	18	80
SPHAERIIDAE	2	2	2	3	9
TABANIDAE	7	7	2	3	19
TIPULIDAE	13	11	17	11	52
TUBIFICIDAE	6	7	8	31	52
VELIIDAE	1	11	3	0	15
Margen activo	386	623	296	286	1591

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En tercer lugar, se ubican las áreas protegidas que presentan un total de 386 registros con una presencia de 38 familias de macroinvertebrados para este tipo de uso de suelo. Las familias con mayor presencia son Baetidae, Chironomidae y Ceratopogonidae con 29 registros cada una, seguidas de cerca de las familias Elmidae y Hydrobiosidae con 28 y 27, respectivamente.

Finalmente, las zonas pobladas ocupan el tipo de suelo con la menor cantidad de familias de macroinvertebrados con 286 y cantidad de registros con 33 respectivamente. La familia Chironomidae es la que presenta una mayor presencia para este tipo de uso de suelo con 45 registros, seguido de la familia Tubificidae con 31 registros. Adicionalmente, se encuentran las familias Baetidae (22 registros), Psychodidae (21 registros), Ceratopogonidae (18 registros) y Simuliidae (18 registros) para este tipo de uso de suelo.

4.3.1 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE USO DE SUELO Y LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS

La existencia de relación entre variables se analizó mediante el contraste de hipótesis sobre la independencia o dependencia entre las variables categóricas X (Uso de Suelo) e Y (Familias de macroinvertebrados), mediante la utilización del Test de la Chi – cuadrado de Pearson.

En la Tabla 4.19 se observa el grado de significancia de la relación (Sig. Bilateral) con una correlación entre las dos variables es significativa ($\rho < 0,05$), por lo que es correcto afirmar que se cuenta con un 0.5% de error de hipótesis alternativa (H_0) de que la variable uso de suelo se encuentra relacionado con las familias de macroinvertebrados.

A su vez, para la realización de análisis de correspondencias se observa que la primera dimensión contribuye con 0,619 (61,9%) a la inercia, dos primeras dimensiones contribuyen con un 86,5%.

TABLA 4.19 TABLA RESUMEN DE CONTRIBUCIONES TOTALES A CADA DIMENSIÓN

Dimensión	Valor singular	Inercia	Chi cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Valor singular de confianza	
					Contabilizado para	Acumulado	Desviación estándar	Correlación
1	0,529	0,280			0,619	0,619	0,019	0,169
2	0,333	0,111			0,246	0,865	0,021	
3	0,247	0,061			0,135	1,000		
Total		0,452	718,828	,000*	1,000	1,000		

a. 150 grados de libertad

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En la Tabla 4.20 se muestra el examen de los puntos de columna con respectiva contribución total y relativa de la masa de cada familia a la inercia total. La distancia de la dimensión a la inercia del punto de cada factor, se refleja con una elevada representatividad, con valores cercanos a la unidad en el total de la Inercia como se puede observar en la última columna. Con excepción para las familias; Dolichopodidae, Haplotaenidae, Tabanidae, Leptoceridae, Tipulidae, Scirtidae, Gammaridae, Helicopsychidae, Hydroptilidae, Empididae y Hyriidae, que presentan valores bajos.

Respecto al eje positivo de la primera dimensión se encuentra las familias que más contribuyen a la inercia, entre las cuales tenemos; Naucoridae, Corydalidae, Perlidae, Leptophlebiidae y Limoniidae, con valores entre 0,03 y 0,05. A su vez, la puntuación que más contribuye a la inercia en el eje negativo de la primera dimensión, presenta las familias; Chironomidae, Tubificidae, Psychodidae, Glossiphoniidae y Physidae, con una puntuación entre 0,05 y 0,11.

Mientras en el eje positivo de la segunda dimensión se encuentra las familias que más contribuyen a la inercia, entre las cuales tenemos; Muscidae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Limoniidae y Ceratopogonidae, con valores entre 0,09 y 0,05. A su vez, la puntuación que más contribuye a la inercia en el eje negativo de la segunda dimensión, presenta las familias; Corydalidae, Psephenidae, Dugesidae, Naucoridae y Hydropsychidae con valores entre 0,04 y 0,07.

TABLA 4.20 EXAMEN DE LOS PUNTOS DE COLUMNA: CONTRIBUCIONES TOTALES Y RELATIVAS DE LOS PERFILES DE COLUMNA

FAMILIAS	MASA	Puntuación en dimensión		INERCIA	Contribución				
					Del punto en la inercia de dimensión		De la dimensión en la inercia del punto		
		1	2		1	2	1	2	Total
AESHNIDAE	0.003	0.87	-1.07	0.003	0.005	0.01	0.47	0.45	0.92
ANOMALOPSYCHIDAE	0.01	0.96	0.19	0.004	0.01	0.001	0.84	0.02	0.86
BAETIDAE	0.07	-0.12	0.09	0.001	0.00	0.002	0.57	0.21	0.77
BLEPHARICERIDAE	0.01	0.63	-0.07	0.003	0.01	0.000	0.97	0.01	0.98
CALAMOCERATIDAE	0.01	1.09	-0.42	0.004	0.01	0.003	0.84	0.08	0.92
CERATOGOGONIDAE	0.05	-0.34	0.57	0.01	0.01	0.05	0.36	0.63	1.00
CHIRONOMIDAE	0.09	-0.54	-0.08	0.01	0.05	0.002	0.98	0.01	0.99
CORYDALIDAE	0.01	1.12	-1.24	0.02	0.03	0.07	0.56	0.44	1.00
DOLICHOPODIDAE	0.01	-0.29	0.97	0.004	0.001	0.02	0.09	0.64	0.73
DUGESIIDAE	0.01	-1.25	-1.00	0.02	0.04	0.04	0.62	0.25	0.87
ELMIDAE	0.06	0.46	0.22	0.01	0.02	0.01	0.76	0.11	0.86
EMPIDIDAE	0.03	0.11	0.07	0.001	0.001	4.1E-04	0.27	0.07	0.34
GAMMARIDAE	0.01	-1.34	-0.25	0.02	0.03	0.001	0.45	0.01	0.46
GLOSSIPHONIIDAE	0.01	-1.51	-0.50	0.02	0.06	0.01	0.87	0.06	0.93
GLOSSOSOMATIDAE	0.01	0.34	0.92	0.003	0.002	0.02	0.15	0.72	0.88
GOMPHIDAE	0.004	1.00	-1.15	0.004	0.01	0.02	0.53	0.45	0.98
GRIPOPTERYGIDAE	0.01	1.07	-0.30	0.01	0.02	0.002	0.87	0.04	0.91
HAPLOTAXIDAE	0.03	-0.68	-0.02	0.01	0.03	2.5E-05	0.66	2.5E-04	0.66
HELICOPSYCHIDAE	0.004	0.36	0.51	0.001	0.001	0.003	0.20	0.25	0.46
HYALELLIDAE	0.03	0.22	0.84	0.01	0.003	0.06	0.09	0.89	0.99
HYDROBIOSIDAE	0.03	0.51	0.94	0.02	0.02	0.09	0.30	0.62	0.91
HYDROPHILIDAE	0.01	0.33	0.26	0.001	0.001	0.001	0.60	0.23	0.82
HYDROPSYCHIDAE	0.03	0.40	-0.67	0.01	0.01	0.04	0.35	0.62	0.96
HYDROPTILIDAE	0.02	-0.13	0.57	0.01	0.001	0.02	0.03	0.38	0.41
HYRIIDAE	0.003	-0.86	0.13	0.01	0.004	1.5E-04	0.09	0.001	0.09
LEPTOCERIDAE	0.03	0.28	-0.45	0.01	0.005	0.02	0.23	0.39	0.62
LEPTOHYPHIDAE	0.02	0.79	0.19	0.01	0.02	0.002	0.95	0.04	0.98
LEPTOPHLEBIIDAE	0.02	1.04	-0.72	0.01	0.04	0.03	0.76	0.23	0.99
LIBELLULIDAE	0.01	0.91	-1.09	0.01	0.01	0.02	0.50	0.45	0.95
LIMNEPHILIDAE	0.01	0.80	0.87	0.01	0.02	0.03	0.48	0.36	0.84
LIMONIIDAE	0.03	0.71	0.78	0.01	0.03	0.05	0.53	0.40	0.93
LYMNAEIDAE	0.01	-1.03	0.05	0.01	0.03	9.6E-05	0.99	0.002	0.99
MUSCIDAE	0.02	-0.32	1.20	0.01	0.003	0.08	0.09	0.83	0.92
NAUCORIDAE	0.01	1.30	-1.37	0.02	0.03	0.06	0.58	0.40	0.98
OLIGONEURIIDAE	0.01	0.89	-1.33	0.01	0.01	0.03	0.39	0.55	0.93
PERLIDAE	0.02	1.05	-0.43	0.02	0.05	0.01	0.86	0.09	0.95
PHILOPOTAMIDAE	0.01	0.85	-0.06	0.003	0.01	8.6E-05	0.99	0.004	0.99
PHYSIDAE	0.01	-1.96	-0.72	0.03	0.09	0.02	0.91	0.08	0.99
PLANARIIDAE	0.01	0.32	0.30	0.001	0.003	0.004	0.63	0.34	0.97
POLYCENTROPODIDAE	0.004	1.00	-1.15	0.004	0.01	0.02	0.53	0.45	0.98
POLYTHORIDAE	0.004	0.94	-1.12	0.003	0.01	0.01	0.51	0.45	0.96
PSEPHENIDAE	0.01	0.96	-1.26	0.01	0.02	0.05	0.47	0.52	0.99
PSYCHODIDAE	0.02	-1.44	-0.68	0.03	0.08	0.03	0.80	0.11	0.92
PTILODACTYLIDAE	0.02	0.68	-0.28	0.004	0.01	0.003	0.91	0.09	1.00
SCIRTIDAE	0.02	0.17	0.35	0.003	0.001	0.01	0.14	0.40	0.54
SIMULIIDAE	0.05	-0.26	0.01	0.002	0.01	3.1E-05	0.86	0.002	0.86
SPHAERIIDAE	0.01	-0.63	0.01	0.001	0.004	1.9E-06	0.99	1.7E-04	0.99
TABANIDAE	0.01	0.14	0.41	0.001	4.2E-04	0.01	0.09	0.54	0.63
TIPULIDAE	0.03	-0.43	0.25	0.01	0.01	0.01	0.50	0.11	0.61
TUBIFICIDAE	0.03	-1.36	-0.47	0.04	0.11	0.02	0.81	0.06	0.88
VELIIDAE	0.01	0.81	-0.78	0.01	0.01	0.02	0.57	0.34	0.91
Total activo	1,00			0,45	1,00	1,00			

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En la Tabla 4.21 se muestra el examen de los puntos de fila con la respectiva contribución total y relativa de la masa de cada uso de suelo a la inercia total. Se observa una elevada representatividad para los usos de suelo de Área Protegida, Cobertura Vegetal y Zona Poblada con valores cercanos a la unidad como se observa en la última columna, con excepto para la categoría de Suelo Agrícola con un valor de 0.312.

TABLA 4.21 EXAMEN DE LOS PUNTOS DE FILA: CONTRIBUCIONES TOTALES Y RELATIVAS DE LOS PERFILES DE FILA

Usos de Suelo	Masa	Puntuación en dimensión		Inercia	Contribución				
					Del punto en la inercia de dimensión		De la dimensión en la inercia del punto		
		1	2		1	2	1	2	Total
Área Protegida	0,243	0,185	0,970	0,084	0,016	0,685	0,052	0,907	0,959
Cobertura Vegetal	0,392	0,690	-0,456	0,127	0,353	0,244	0,780	0,214	0,994
Suelo Agrícola	0,186	-0,455	0,042	0,066	0,073	0,001	0,311	0,002	0,312
Zona Poblada	0,180	-1,282	-0,361	0,176	0,559	0,070	0,889	0,044	0,934
Total activo	1,000			0,452	1,000	1,000			

a. Normalización simétrica

Elaborado por: Albán, R., & Guallichico, E. (2019).

En el eje positivo de la primera dimensión se encuentra los usos de suelo de Área Protegida y Cobertura Vegetal con una puntuación de 0,185 y 0,69, contribuyendo a su inercia con una puntuación de 0,016 y 0,353, respectivamente. Mientras para el eje negativo de la primera dimensión se encuentran presentes los tipos de suelo de Suelo Agrícola y Zona Poblada con una puntuación de -0,455 y -1,282, contribuyendo a su inercia con una puntuación de 0,073 y 0,559, respectivamente.

En consecuencia, el primer factor distingue entre los usos de suelo por su calidad ecológica, al colocar a los usos de suelo de mejor calidad Ecológica (Área Protegida y Cobertura Vegetal) en el eje positivo, respecto de los de menor calidad ecológica (Suelo Agrícola y Zona Poblada) en el eje negativo.

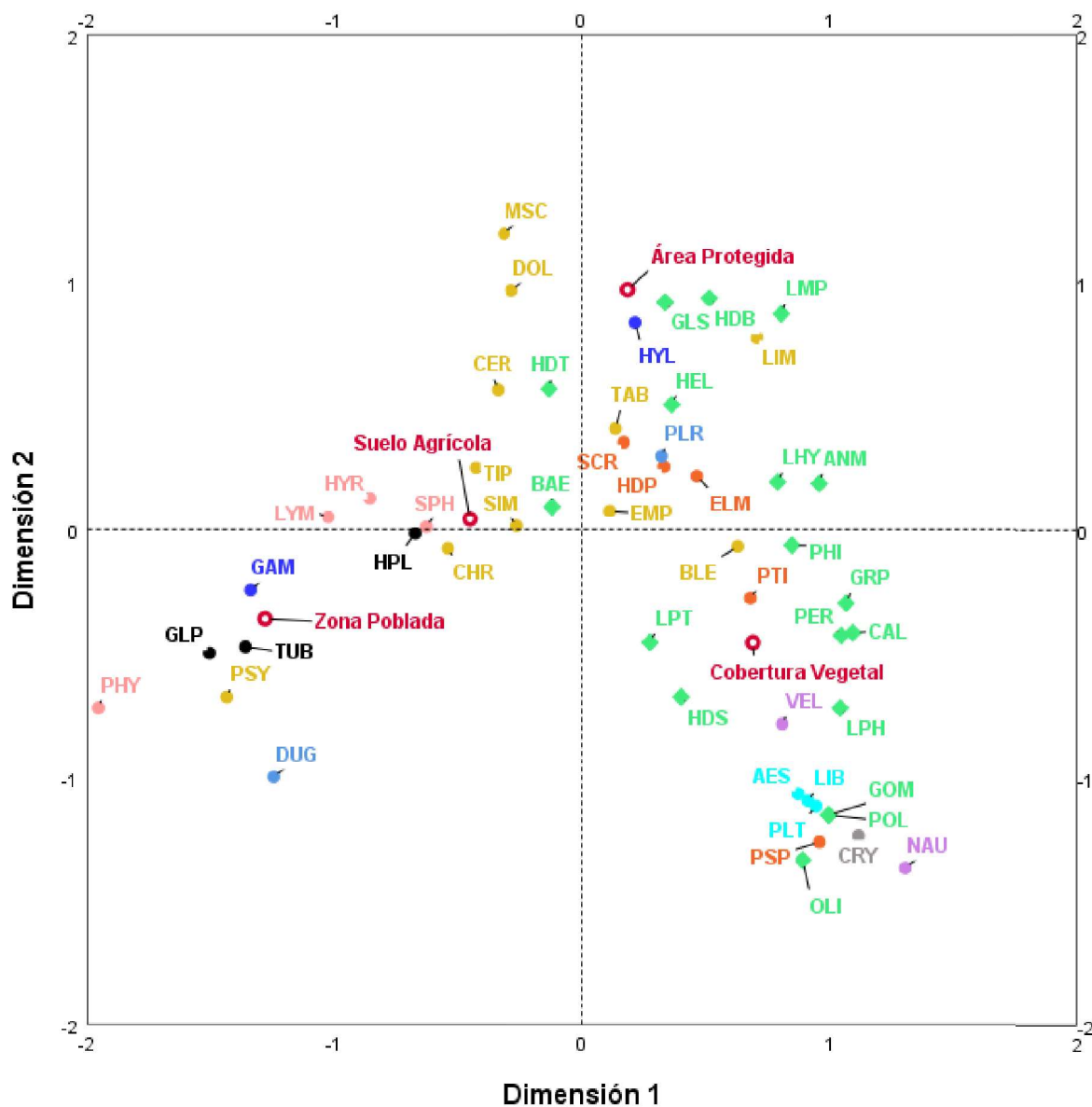
Respecto al eje positivo de la segunda dimensión se encuentran los tipos de suelo de Área Protegida y Suelo Agrícola con una puntuación de 0,970 y 0,042, contribuyendo a su inercia con una puntuación de 0,685 y 0,001, respectivamente. Mientras para el eje negativo de la segunda dimensión se encuentra los usos de suelo de Cobertura Vegetal y Zona Poblada con una puntuación de -0,456 y -0,361, contribuyendo a su inercia con una puntuación de 0,244 y 0,070, respectivamente.

En consecuencia, el segundo factor agrupa al tipo de suelo de área protegidas y suelo agrícola, teniendo en cuenta la cercanía que estos presentan y la principal amenaza de las áreas protegidas es el aumento en la expansión agrícola. Así como, a los tipos de suelo de cobertura vegetal y zona poblada, se considera que la expansión de zonas pobladas afecta directamente a la reducción de la cobertura vegetal.

En el Gráfico 4.22, se observa la gráfica de análisis de correspondencia de dos dimensiones que presenta la relación entre los usos de suelo y la frecuencia de familias de macroinvertebrados. La primera dimensión discrimina entre los usos de suelo que presentan familias de buena calidad (derecha del eje), respecto a la mala calidad (izquierda del eje). Siendo, los usos de suelo con Cobertura Vegetal y Zonas pobladas los que se encuentran más alejados, reflejando una relación de independencia entre ambas variables.

Las familias de buena calidad se encuentran agrupadas entre los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, siendo el índice EPT una manera de determinar la buena calidad biológica en los sistemas lóticos. En la gráfica, se observa una relación de cercanía entre la mayoría de familias que conforman el índice EPT y los usos de suelo de Áreas Protegidas y Cobertura Vegetal. Sin embargo, las familias Hydroptilidae y Baetidae, presentan una mayor relación de cercanía a Suelos Agrícolas.

GRÁFICO 4.22 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS VARIABLES CATEGÓRICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE PRESENCIA



Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
EPT	◆	Hydroptilidae	HDT	Tipulidae	TIP	Orden Megaloptera	●
Orden Ephemeroptera		Leptoceridae	LPT	Orden Coleoptera	●	Corydalidae	CRY
Baetidae	BAE	Limnephilidae	LMP	Elmidae	ELM	Orden Hemiptera	●
Leptophlebiidae	LPH	Philopotamidae	PHI	Hydrophilidae	HDP	Naucoridae	NAU
Leptohyphidae	LHY	Polycentropodidae	POL	Psephenidae	PSP	Veliidae	VEL
Oligoneuriidae	OLI	Orden Diptera	●	Ptilodactylidae	PTI	Orden Tricladida	●
Orden Plecoptera		Blephariceridae	BLE	Scirtidae	SCR	Dugesidae	DUG
Gripopterygidae	GRP	Ceratopogonidae	CER	Orden Odonata	●	Planariidae	PLR
Perlidae	PER	Chironomidae	CHR	Aeshnidae	AES	Phylum Mollusca	●
Orden Trichoptera		Dolichopodidae	DOL	Gomphidae	GOM	Physidae	PHY
Anomalopsychidae	ANM	Empididae	EMP	Libellulidae	LIB	Lymnaeidae	LYM
Calamoceratidae	CAL	Limoniidae	LIM	Polythoridae	PLT	Sphaeriidae	SPH
Glossosomatidae	GLS	Muscidae	MSC	Phylum Annelida	●	Hyriidae	HYR
Helicopsychidae	HEL	Psychodidae	PSY	Glossiphoniidae	GLP	Orden Amphipoda	●
Hydrobiosidae	HDB	Simuliidae	SIM	Haplotoxidae	HPL	Gammaridae	GAM
Hydropsychidae	HDS	Tabanidae	TAB	Tubificidae	TUB	Hyalellidae	HYL

El uso de suelo de Cobertura Vegetal presenta relaciones de cercanía directa con familias como son: Naucoridae y Veliidae (ord. Hemiptera); Blepharoceridae (ord. Diptera); Psephenidae y Ptilodactylidae (ord. Coleoptera); Aeshnidae, Libellulidae, Polythoridae y Gomphidae (ord. Odonata), y Corydalidae (ord. Megaloptera). A su vez, las familias pertenecientes al índice EPT, como son: Oligoneuridae y Leptophlebiidae (ord. Ephemeroptera); Perlidae y Gripopterygidae (ord. Plecoptera) y Polycentropodidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Calamoceratidae y Philopotamidae (ord. Trichoptera).

El uso de suelo de Áreas Protegidas presenta relaciones de cercanía directa con familias como son: Hyalellidae (ord. Amphipoda); Limoniidae, Muscidae y Dolichopodidae (ord. Diptera). A su vez, las familias pertenecientes al índice EPT, como son: Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae y Limnephilidae (ord. Trichoptera). En suelos agrícolas se presenta relaciones de cercanía directa con familias como son: Tipulidae, Simuliidae y Chironomidae (ord. Diptera); Lymnaeidae, Hyriidae y Sphaeriidae (filo. Mollusca) y Haplotaxidae (filo. Annelida). A su vez, la familia perteneciente al índice EPT, más cercana es la Baetidae (ord. Ephemeroptera).

En zonas pobladas se presenta relaciones de cercanía directa con familias como son: Tubificidae y Glossiphoniidae (filo. Annelida); Gammaridae (ord. Amphipoda); Psychodidae (ord. Diptera); Physidae (filo. Mollusca) y Dugesiidae (ord. Tricladida). A su vez, no hay familias pertenecientes al índice EPT que presenten relación directa con este tipo de uso de suelo.

Determinadas familias presentan relación entre dos usos de suelo, entre los usos de suelo de Área protegida y Cobertura Vegetal, se encuentran familias compartidas las cuales son: Empididae y Tabanidae (ord. Diptera); Elmidae, Scirtidae y Hydrophilidae (ord. Coleoptera); Planariidae (ord. Tricladida), y las familias dentro del índice EPT son Anomalopsychidae y Leptohiphidae.

Entre Suelos Agrícolas y Áreas Protegidas las familias que presentan relación entre estos dos tipos de suelo son: Ceratopogonidae (ord. Diptera), Hydroptilidae (ord. Trichoptera).

En el Gráfico 4.23, se observa la gráfica de análisis de correspondencia de dos dimensiones que presenta la relación entre los usos de suelo y la abundancia relativa de familias de macroinvertebrados.

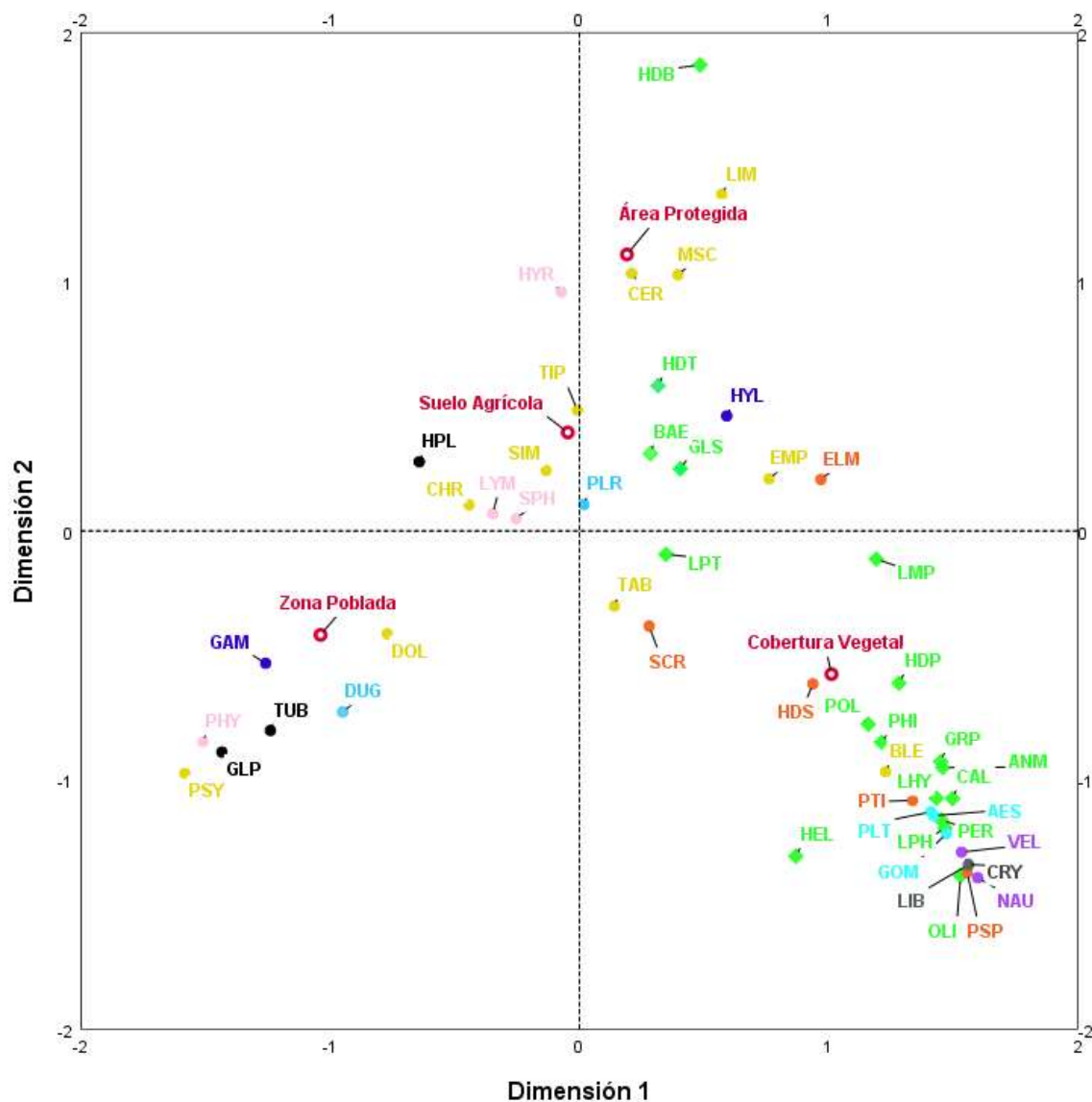
Para el uso de suelo de Cobertura Vegetal presenta relaciones de cercanía directa con familias como son: Naucoridae, Veliidae, Blepharoceridae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Aeshnidae, Libellulidae, Polythoridae, Gomphidae y Corydalidae. A su vez, a familias pertenecientes al índice EPT, como son: Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Perlidae, Gripopterygidae, Polycentropodidae, Hydropsychidae, Calamoceratidae y Philopotamidae. Adicionalmente, se incluyen a las familias Anomalopsychidae, Helicopsychidae y Hydrophilidae, respecto al ACO en función de la frecuencia de presencia de macroinvertebrados para cada uso de suelo.

Para Áreas Protegidas se presentan relaciones de cercanía directa con familias como son: Limoniidae, Muscidae Ceratopogonidae y Hyriidae. A su vez, las familias pertenecientes al índice EPT, como son: Hydrobiosidae y Hydroptilidae. En suelos agrícolas se relaciona directamente con familias como son: Tipulidae, Simuliidae, Chironomidae, Sphaeriidae. Adicionalmente, se incluyen a las familias Haplotaxidae y Lymnaeidae.

En zonas pobladas se relaciona directamente con familias: Tubificidae, Glossiphoniidae, Gammaridae, Psychodidae y Physidae. A su vez, se incluyen otras familias como son Dugesiidae y Dolichopodidae.

Un grupo de familias se encuentra entre los tipos de suelo de Área Protegida, Suelo Agrícola y Cobertura Vegetal, como son: Planariidae, Tabanidae, Scirtidae, Empididae, Elmidae, Leptoceridae, Baetidae, Glossosomatidae y Hyalellidae.

GRÁFICO 4.23 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS VARIABLES CATEGÓRICAS USO DE SUELO Y FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN FUNCIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA



Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción	Símbolo
EPT	◆	Hydroptilidae	HDT	Tipulidae	TIP	Orden Megaloptera	●
Orden Ephemeroptera		Leptoceridae	LPT	Orden Coleoptera	●	Corydalidae	CRY
Baetidae	BAE	Limnephilidae	LMP	Elmidae	ELM	Orden Hemiptera	●
Leptophlebiidae	LPB	Philopotamidae	PHI	Hydrophilidae	HDP	Naucoridae	NAU
Leptohyphidae	LHY	Polycentropodidae	POL	Psephenidae	PSP	Veliidae	VEL
Oligoneuriidae	OLI	Orden Diptera	●	Ptilodactylidae	PTI	Orden Tricladida	●
Orden Plecoptera		Blephariceridae	BLE	Scirtidae	SCR	Dugesidae	DUG
Gripopterygidae	GRP	Ceratopogonidae	CER	Orden Odonata	●	Planariidae	PLR
Perlidae	PER	Chironomidae	CHR	Aeshnidae	AES	Phylum Mollusca	●
Orden Trichoptera		Dolichopodidae	DOL	Gomphidae	GOM	Physidae	PHY
Anomalopsychidae	ANM	Empididae	EMP	Libellulidae	LIB	Lymnaeidae	LYM
Calamoceratidae	CAL	Limoniidae	LIM	Polythoridae	PLT	Sphaeriidae	SPH
Glossosomatidae	GLS	Muscidae	MSC	Phylum Annelida	●	Hyriidae	HYR
Helicopsychidae	HEL	Psychodidae	PSY	Glossiphoniidae	GLP	Orden Amphipoda	●
Hydrobiosidae	HDB	Simuliidae	SIM	Haptotaxidae	HPL	Gammaridae	GAM
Hydropsychidae	HDS	Tabanidae	TAB	Tubificidae	TUB	Hyalellidae	HYL

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La fauna de macroinvertebrados para la zona de estudio ubicada en la cuenca del río Guayllabamba, abarca el gradiente altitudinal desde 473 a 3988 m.s.n.m. Esta presenta los siguientes rangos altitudinales para las siguientes familias.

- > 2900 *m.s.n.m*: Planorbidae (3120 – 3988), Gripterygidae (3074 – 3988), Linnephilidae (2889 – 3988).
- > 2500 *m.s.n.m*: Hydroptilidae (2524 – 3988), Glossosomatidae (2529 – 3988), Anomalopsychidae (2718 – 3988).
- > 2100 *m.s.n.m*: Scirtidae (2162 – 3988), Haplotaxidae (2469 – 3988), Sphaeriidae (2453 – 3988), Hyalellidae (2470-3988).
- > 1600 *m.s.n.m*: Blepharoceridae (1656 – 3988)
- > 1300 *m.s.n.m*: Empididae (1343 – 3988), Tabanidae (1396 – 3810), Psychodidae (1491-3878).
- < 2200 *m.s.n.m*: Naucoridae (473 – 2143), Corydalidae (473 – 2135), Gomphidae (511 – 2143), Polythoridae (511 – 2072).
- < 3500 *m.s.n.m*: Perlidae (473 – 3549), Dugesiiidae (473 – 3549), Tipulidae (511 – 3380).
- < 3200 *m.s.n.m*: Helicopsychidae (540 – 3168), Ptilodactylidae (473 – 3014), Leptohiphidae (473 – 3119), Physidae (511 – 3061), Tubificidae (473 – 3168)
- < 2900 *m.s.n.m*: Staphylinidae (540 – 2943), Polycentropodidae (540 – 2853), Psephenidae (515 – 2910), Veliidae (657 – 2851), Libellulidae (511 – 2700),
- 473 – 3988 *m.s.n.m*: Elmidae (473 – 3988), Chironomidae (473 – 3988), Glossiphoniidae (511 – 3953), Philopotamidae (473 – 3988), Baetidae (473 – 3988), Simuliidae (511 – 3988), Hydrobiosidae (515 – 3988), Muscidae

(515 – 3988), Hydropsychidae (515 – 3988), Calamoceratidae (515 – 3988), Ceratopogonidae (851 – 3988), Limoniidae (515-3988), Dolichopodidae (476-3891), Planariidae (540 – 3988), Leptoceridae (511 – 3891), Leptophlebiidae (473 – 3891), Hydrophilidae (511 – 3810), Lymnaeidae (540 – 3988).

Los resultados reportados complementan a estudios como el de Jacobsen, (2004), el cual establece rangos altitudinales característicos para las familias de macroinvertebrados. Sin embargo, determinadas familias presentaron un rango altitudinal superior, ampliando así el rango propuesto por Jacobsen, entre las cuales tenemos a las familias; Calamoceratidae (de 2850 a 3988 m), Philopotamidae (de 2050 a 3988 m), Dolichopodidae (de 2850 a 3891 m), Psychodidae (de 3070 a 3878 m), Hydrophilidae (de 3010 a 3810 m), Libellulidae (de 1540 a 2700 m), Polythoridae (de 1750 a 2072 m), Naucoridae (de 1730 a 2143 m), Veliidae (de 2250 a 2851 m), Polycentropodidae (de 2650 a 2854), Pyralidae (de 2060 a 2470 m) y Corydalidae (de 1760 a 2135 m). De igual manera, se presentan rangos altitudinales para familias que no presentan registros previos, entre las cuales constan las familias; Leptohyphidae, Limoniidae, Hyriidae, Glossiphoniidae, Tubificidae y Dugesidae.

Las familias reportadas en el punto de verificación a 2890 m.s.n.m, cumplen con los rangos altitudinales determinados por Jacobsen (2004), y los rangos altitudinales propuestos en este trabajo. Las familias son; Hyalellidae, Chironomidae, Empididae, Blepharoceridae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Muscidae, Baetidae, Baetidae, Baetidae, Glossiphoniidae, Haplotaenidae, Hydroptilidae, Hydrobiosidae, Dugesidae y Sphaeriidae.

En función del ACO realizado en función de la frecuencia de presencia de las familias de macroinvertebrados con los tipos de suelo definidos para el presente estudio, se concluye que las familias presentes en los tipos de suelo considerados son las siguientes:

- Área protegida: Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Limnephilidae (muy sensibles); Hyalellidae, Dolichopodidae (sensibles); Limoniidae (tolerante); Muscidae (muy tolerante).
- Cobertura vegetal: Blepharoceridae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Veliidae, Polythoridae, Gomphidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Perlidae, Gripopterygidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Calamoceratidae, Philopotamidae (muy sensibles); Naucoridae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae y Polycentropodidae (sensibles).
- Suelo agrícola: Baetidae, Simuliidae (muy sensible); Hyriidae (sensible); Tipulidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae (tolerante); Haplotaenidae y Chironomidae (muy tolerante).
- Zona poblada: Gammaridae, Psychodidae, Dugesiidae (sensibles); Tubificidae, Glossiphoniidae y Physidae (muy tolerante).
- Áreas protegidas – cobertura vegetal: Anomalopsychidae, Scirtidae (muy sensible); Planariidae, Leptohyphidae, Elmidae (sensible); Empididae, Tabanidae y Hydrophilidae (tolerante)
- Cobertura vegetal – suelo agrícola: Hydroptilidae (muy sensible) y Ceratopogonidae (tolerante).

Considerando las zonas de estudio de la cuenca del río Guayllabamba para el análisis de la distribución de grupos funcionales, descritas en la Tabla 3.13, se concluye que la distribución de los grupos funcionales tróficos en el área de estudio en función del rango altitudinal es:

- En la zona A: Dominan los colectores-recolectores (64%), esto asociado a suelos andosoles con gran cantidad de materia orgánica.
- En las zonas B y C: Se presenta un aumento del grupo funcional trófico de raspadores con el 31% y 25%, respecto a la cuenca alta. En contraste, se evidencia un descenso drástico de trituradores con el 2%.
- En la zona D: Aumenta del porcentaje de trituradores (20 %), esto asociado a la gran cantidad de material alóctono presente en esta zona de conservación.

- En la zona E: Presenta dominio de colectores-recolectores (79 %) ocasionado por el aporte de carga orgánica de la zona urbana.
- En la zona F: Dominan colectores-recolectores con el 50% de proporción promedio de densidad.
- En las zonas G y H: Los raspadores (G = 43% y H = 35%) representan al grupo dominante, seguido de los predadores (G = 22,7 y H = 25,2%) respecto a otros rangos altitudinales.
- En la zona I: Se desarrollan colectores-filtradores (35 %) por la presencia de materia orgánica particulada fina.

5.2 RECOMENDACIONES

Debido a su presencia en suelos agrícola y zonas pobladas es necesario realizar la identificación taxonómica hasta el nivel de género de familias catalogadas como muy sensibles (Baetidae, Simuliidae y Hydroptilidae) y sensibles (Psychodidae, Gammaridae y Dugesidae). De manera que exista una adecuada valoración de su sensibilidad al momento de realizar el monitoreo biológico en ecosistemas lóticos.

La base de datos incluyó registros de familias poca distribuidas, por lo cual se sugiere monitorear su presencia y determinar su sensibilidad:

- Euthyplociidae en el río Tandayapa a 1671 m.s.n.m.
- Xiphocentronidae en el río Pichán a 3550 m.s.n.m.
- Hebridae en el río Nangulví a 1400 m.s.n.m.
- Palaemonidae en el río San Pedro a 2800 msnm.

Es preciso monitorear la cuenca de estudio al ser de gran interés e incluir información no recopilada en este estudio e incluir información en los ecosistemas “Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los valles” y “Bosque Siempre verde Montano alto del Norte de la cordillera Oriental de los Andes”, los cuáles se encuentran presentes en la parte norte de la cuenca. Así como el monitoreo por debajo de los 473 m.s.n.m, para contrastar la información de la variabilidad altitudinal de familias, como son: Naucoridae, Polythoridae, Gomphidae,

Corydalidae, Elmidae, Chironomidae, Philopotamidae, Baetidae, Simuliidae, Muscidae, Hydrobiosidae, Calamoceratidae, Hydropsychidae, Ceratopogonidae, Planariidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae, Hydrophilidae, Perlidae, Tipulidae, Helicopsychidae, Ptilodactylidae, Physidae, Staphylinidae, Polycentropodidae, Psephenidae, Veliidae y Libellulidae.

Este estudio presentó la distribución espacial de los macroinvertebrados en la zona de estudio según su gradiente altitudinal. Sin embargo, es importante complementar esta información con la variable temporal para conocer los ciclos de vida que presentan estas familias respecto a la estacionalidad de la cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Ríos-Touma, 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.
- Álvarez, L. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environmental Federation. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Recuperado el 4 de junio de 2019, a partir de <http://www.translatorscafe.com/cafe/file/?id=73622>
- ArcGIS (Versión 10.5). (2018). *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*. California, Estados Unidos.
- Bücker, A., Sondermann, M., Frede, H.-G., & Breuer, L. (2010). *The influence of land-use on macroinvertebrate communities in montane tropical streams a case study from Ecuador*. *Fundamental and Applied Limnology*, 177(4), 267–282. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-0267>
- Buenaño, M., Vásquez, C., Zurita, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador*. *Revista del Instituto de Investigación Tropicales*, Vol. 13, N.º 1: 41-49.
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (Eds). (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* (1.ed). Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Carvacho, C. (2012). *Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile*, Tesis, Fac. de Biología, Universidad de Barcelona, Barcelona (2012), p. 9
- Chará, J., G. Pedraza, L. Giraldo, y D. Hincapié (2006). *Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia*. *Agroforestería en Las Américas*, (45): 72–78.

- De la Fuente, S. (2011). *Análisis Correspondencias Simples y Múltiples*. Fac. Ciencias Económicas y Empresariales. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado el 24 de mayo de, <http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/REDUCIRDIMENSION/CORRESPONDENCIAS/correspondencia.pdf>
- Dudgeon, D. (2000). *Conservation of freshwater biodiversity in Oriental Asia: constrains, conflicts, and changes to science and sustainability*.
- Dudgeon, D. Arthington, A.H. Gessner, M. Kawabata, Z. Knowler, D. L eveque, C. Naiman, R. Prieur-Richard, A. Soto, D. Stiassny, M & Sullivan, C. (2006). *Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges*. *Biological Reviews*.
- Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos-Touma, B., García, N., & Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. USFQ, UB, AECID, FONAG. Quito. <http://www.ub.edu/riosandes/index.php/protocolo-cera-s.html>
- Encalada, A.C., Suárez, E., Arboleda, R., Scherekinger, J. & M.E. Sandhez. (2014). *Diagnóstico de la calidad ecológica de los ríos y la vegetación de ribera de las zonas de manejo del FONAG*. Informe teórico no publicado. Convenio TNC-FONAG-USFQ.
- Enríquez Pinos, C. G., & Torres Flores, L. P. (2017). *Desarrollo de una metodología para el monitoreo ambiental de cursos hídricos urbanos intervenidos con obras hidráulico sanitarias por la EPMAPS*. Caso de estudio: quebrada ortega y aportantes. 165 hojas. Quito: EPN.
- FONAG & FFLA. (2012). *Análisis de Gobernanza de la Microcuenca del Río Pita*, Quito, Ecuador.
- FONAG. (2009). *Plan de Manejo Hídrico integrado de los recursos hídricos en la cuenca alta del río Guayllabamba*. Recuperado de <http://www.fonag.org.ec/aguafondo/pmrhg050110.pdf>
- GAD-MCR. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2015. Actualización 2014 – 2019*. GAD Municipal del Cantón Rumiñahui.

- Gallegos, S. (2013). *Effect of riparian vegetation cover and season on aquatic macroinvertebrate assemblages in the Ecuadorian Andes.*
- Gómez, R. (2003, inédito). *Modelos conceptuales de funcionamiento de ríos y arroyos.* Universidad de Murcia. España. 26p.
https://www.researchgate.net/publication/45412528_Modelos_conceptuales_de_funcionamiento_de_rios_y_arroyos
- Greenacre, M. (2007). *Correspondence Analysis in Practice, Second Edition.* London: Chapman & Hall/CRC.
- Guerrero Chuez, N., Díaz Ponce, M., Urdanigo Zambrano, J., Tayhing Cajas, C., Guerrero Chuez, R., & Yopez Rosado, Á. (2016). *Uso de suelo y su influencia en la calidad del agua de la microcuenca El Sapanal, Ecuador / Soil use and its influence on the water quality of the El Sapanal micro watershed, Ecuador.* *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 5(2), 11. Retrieved from <http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/article/view/156/265>
- Guevara, G. Reinoso, G. García, J. E. Franco, L. M. García, L. J. Yara, D. Briñez, N. Ocampo, M. L. Quintana, M. Pava, D. Y. Flórez, N. Ávila, M. Hernández, E. Lozano, L. Guapucal, M. Borrero, D. A. Y Olaya, E. J. (2008). *Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños*
- Herrera, A. (2000). *La clasificación numérica y su aplicación en la ecología.* Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- IBM Corp. Released 2017. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0.* Armonk, NY: IBM Corp.
- IGM. (2014). *Geo portal Instituto Geográfico Militar.*
<http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Jacobsen, D., R. Scruhz & A. Encalada. (1997). *Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude.* *Freshwater Biology*. 38: 247 – 261.
- Jacobsen, D., & Encalada, A. (1998). *The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season.* *Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie*, 142, 53–70.

- Jacobsen, D. (2003a). *Altitudinal changes in diversity of macroinvertebrates from small streams in the Ecuadorian Andes*. *Archiv Für Hydrobiologie*, 158, 145–167. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2003/0158-0145>
- Jacobsen, D. (2003b). *Los ríos de la Sierra ecuatoriana son más sensibles a la contaminación*. En: *Desafío*, Quito: SENACYT-FUNDACYT, (n°7, junio 2003): pp: 14-18. ISSN: 13901397. Recuperado el 15 de mayo de 2019.
- Jacobsen, D., Rostgaard, S., & José Vásconez, J. (2003). *Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? Freshwater Biology*. *Freshwater Biology*, 48, 2025–2032. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01140.x>
- Jacobsen, D. (2004). *Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient*. *Freshwater Biology*, 49, 1293–1305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01274.x>
- Jacobsen, D., & Brodersen, K. P. (2008). *Are altitudinal limits of equatorial stream insects reflected in their respiratory performance? Freshwater Biology*, 53: 2295 – 2308.
- Jacobsen, D., Cressa, C., Mathooko, J. M., & Dudgeon, D. (2008). *Tropical High-Altitude Streams*. In D. B. T.-T. S. E. Dudgeon (Ed.), *In Tropical Stream Ecology* (p. 219–256). London: Academic Press <https://doi.org/10.1016/B978-012088449-0.50010-8>
- Kennen, J. G., Chang, M., Tracy, B. H., Brown, L., Gray, R., & others. (2005). *Effects of landscape change on fish assemblage structure in a rapidly growing metropolitan area in North Carolina, USA*. En *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 47, pp. 39–52).
- Knee, K. L., & Encalada, A. C. (2014). *Land use and water quality in a rural cloud forest region (Intag, Ecuador)*. *River Research and Applications*, 30(3), 385–401. <https://doi.org/10.1002/rra.2634>
- Ladrera, R. (2012). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos*.
- Madsen, P B., Morabowen, A., Andino, P., Espinosa, R., Cauvy-Fraunié, S., Dangles, O., & Jacobsen, D. (2015). *Altitudinal distribution limits of aquatic*

- macroinvertebrates: An experimental test in a tropical alpine stream. Ecological Entomology, 40. <https://doi.org/10.1111/een.12232>*
- MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaria de Patrimonio Natural. Quito.*
- MAE-MAGAP, (2015). *Protocolo metodológico para la elaboración del Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013 – 2014, escala 1:100.000*
- MECN. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Publicación Miscelánea No. 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) – Fondo Ambiental del MDMQ. 22 – 34 pp. Imprenta Nuevo Arte. Quito – Ecuador.*
- MEPN. (2018). *Base de datos del área de invertebrados del departamento de biología de la EPN. Departamento de Biología, Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.*
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins (eds). (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America (third edition). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, IA. 862 pp.*
- Mesa, L. (2010). *Effect of spates and land use on macroinvertebrate community in Neotropical Andean streams; Springer; Hydrobiologia; 641; 1; 2-2010; 85-95. Recuperado el 15 de mayo de 2019, a partir de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/72384>*
- Monaghan, K., Peck, M., A. Brewin, P., Masiero, M., Zarate, E., Turcotte, P., & Ormerod, S. (2000). *Macroinvertebrate distribution in Ecuadorian hill streams: The effects of altitude and land use. Archiv Fur Hydrobiologie, 149, 421–440.*
- Orellana, C. (2015). *Escenarios hidrológicos en la cuenca del río Guayllabamba: Modelación de caudales mínimos.*
- Ortiz, J. (2015). *Dinámica estacional de macro - invertebrados acuáticos en la cuenca alta del río pita, como línea base para estudios de impacto ambiental. 90 hojas. Quito: ESPE.*
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Allan, J. D., Lake, P. S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad Shah, J., Galat, D. J., Gloss, S.,

- Goodwin, P., Hart, D. H., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G. M., Lave, R., Meyer, J. L., O'donnell, T. K., Pagano, L., Srivastava, P. & Sudduth, E. (2005). *Standards For Ecologically Successful River Restoration*. *Journal Of Applied Ecology*.
- Patrick, R. 1975. *Stream communities*. Pp. 445-459. M. L. Cody y J. M. Diamond (eds.). *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press, Harvard University, Cambridge. 545 pp
- Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks, and J. C. Stromberg. 1997. *The natural flow regime: A paradigm for river restoration and conservation*. *Bioscience* 47:769-784.
- Rahbek, C. (1995). *The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?* *Ecography*, 18(2): 200-205.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramírez, A., & Guitiérrez, P. (2014). *Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature*. *Revista de Biología Tropical*, 62(Suppl. 2), 155-167.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. *Revista de Biología Tropical*, 62, 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Rodríguez, J., R. Ospina & R. Turizo. 2011. *Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia*. *Revista Biológica Tropical*, 59(Suppl 4), 1537-1552.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. Centro de Investigaciones CIEN, Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *El ensamblaje de los macroinvertebrados acuáticos*. En *Fundamentos de Limnología Neotropical* (2nd ed., p. 324), Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía.

- Romero Cárdenas, I. N., & Zúñiga Acurio, T. K. (2017). *Evaluación de la calidad ecológica del río Ushimana utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua*. 169 hojas. Quito: EPN.
- Roni, P., T. J. Beechie, R. E. Bilby, F. E. Leonetti, M. M. Pollock, and G. R. Pess. 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest watersheds. *North American Journal of Fisheries Management* 22:1–20.
- Rosenberg, D.M. McCully, P. & Pringle, C.M. (2000). *Global-scale environmental effects of hydrological alterations: Introduction Bioscience*.
- Rostgaard, S., & Jacobsen, D. (2005). *Respiration Rate of Stream Insects Measured in situ Along a Large Altitude Range*. *Hydrobiologia*, 549(1), 79–98. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-4165-7>
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., & Zambrano, L. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México, D.F.
- SENAGUA. (2009). *Delimitación y codificación de unidades hidrogáficas del Ecuador, Escala 1:250000, Metodología Pfafstetter*.
- Tommanova, S., E. Goitia & J. Helešic. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiología* 556, 251-264.
- Turcotte, P. & Harper, P.P. (1982). *The macro-invertebrate fauna of a small Andean stream*. *Freshwat. Biol.* 12: 411-419.
- Vannote R, L., Minshall G, W., Cummins K, W., Sedell J, R, & Cushing C.E. (1980). *The river continuum concept*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137.
- Villamarín, C. (2012). *Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos*. Universitat de Barcelona. Departament d'Ecologia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/83923>
- WVDEP. (2010). *West Virginia Save Our Streams Program's Advanced Standard Operating Procedures Manual*. West Virginia Department of Environmental

Protection. Charleston, WV 25304, pp 33-35. Recuperado el 17 de mayo de 2019, a partir de <http://www.wvca.us/envirothon/stream-assessment-protocols.pdf>

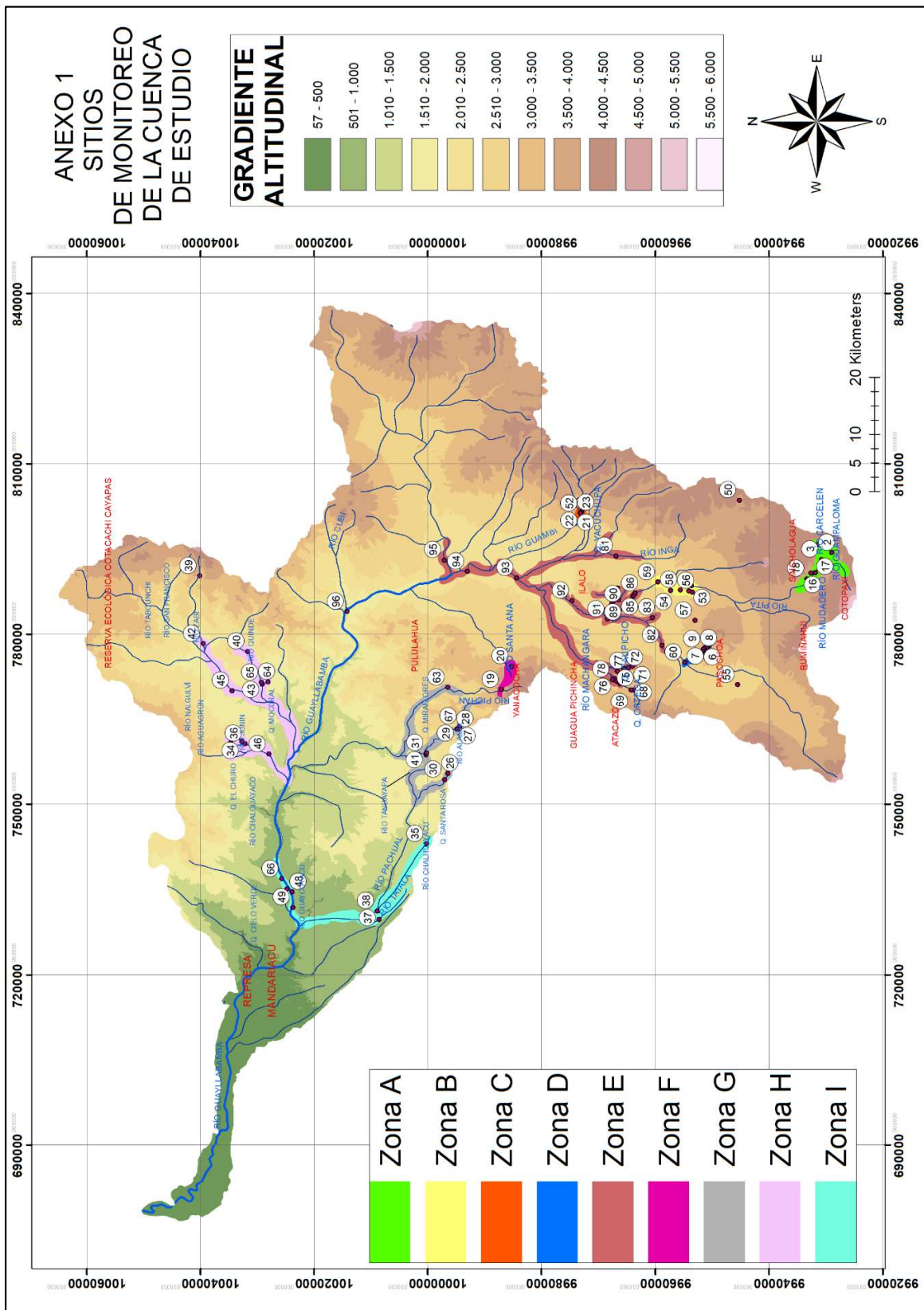
Zamora H. 2007. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Memorias XL Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Santiago de Cali. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 19: 73–81.

ANEXOS

ANEXO N° 1

SITIOS DE MUESTREO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

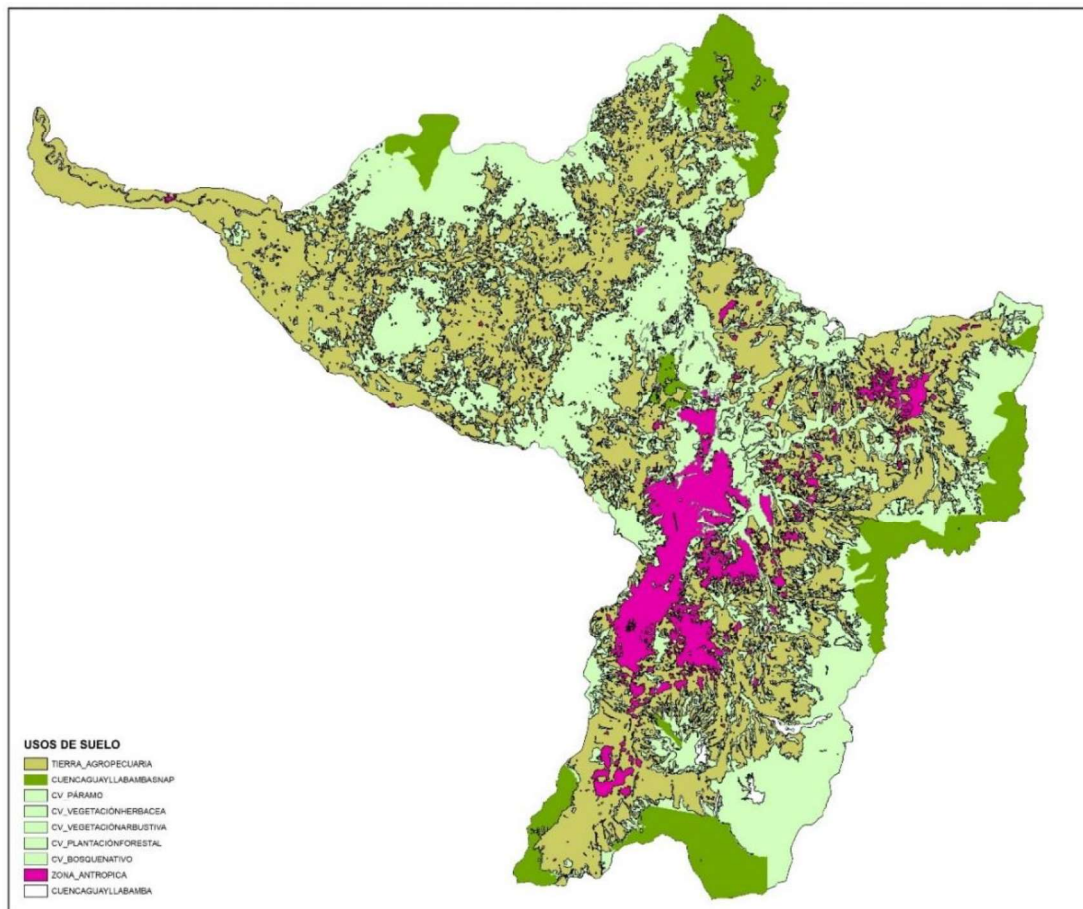
ANEXO 1 MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



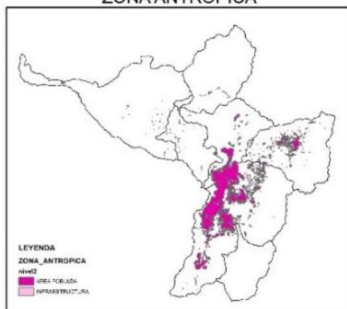
ANEXO N° 2

**TIPOS DE USOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA Y
LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO**

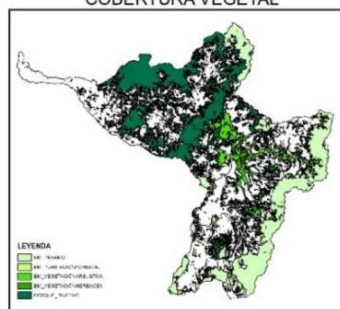
ANEXO 2.1 MAPA DE USOS DE SUELO PARA LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA



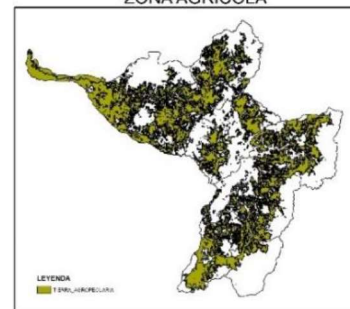
ZONA ANTRÓPICA



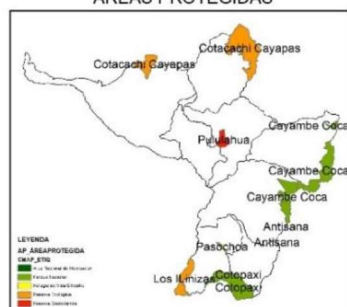
COBERTURA VEGETAL



ZONA AGRÍCOLA



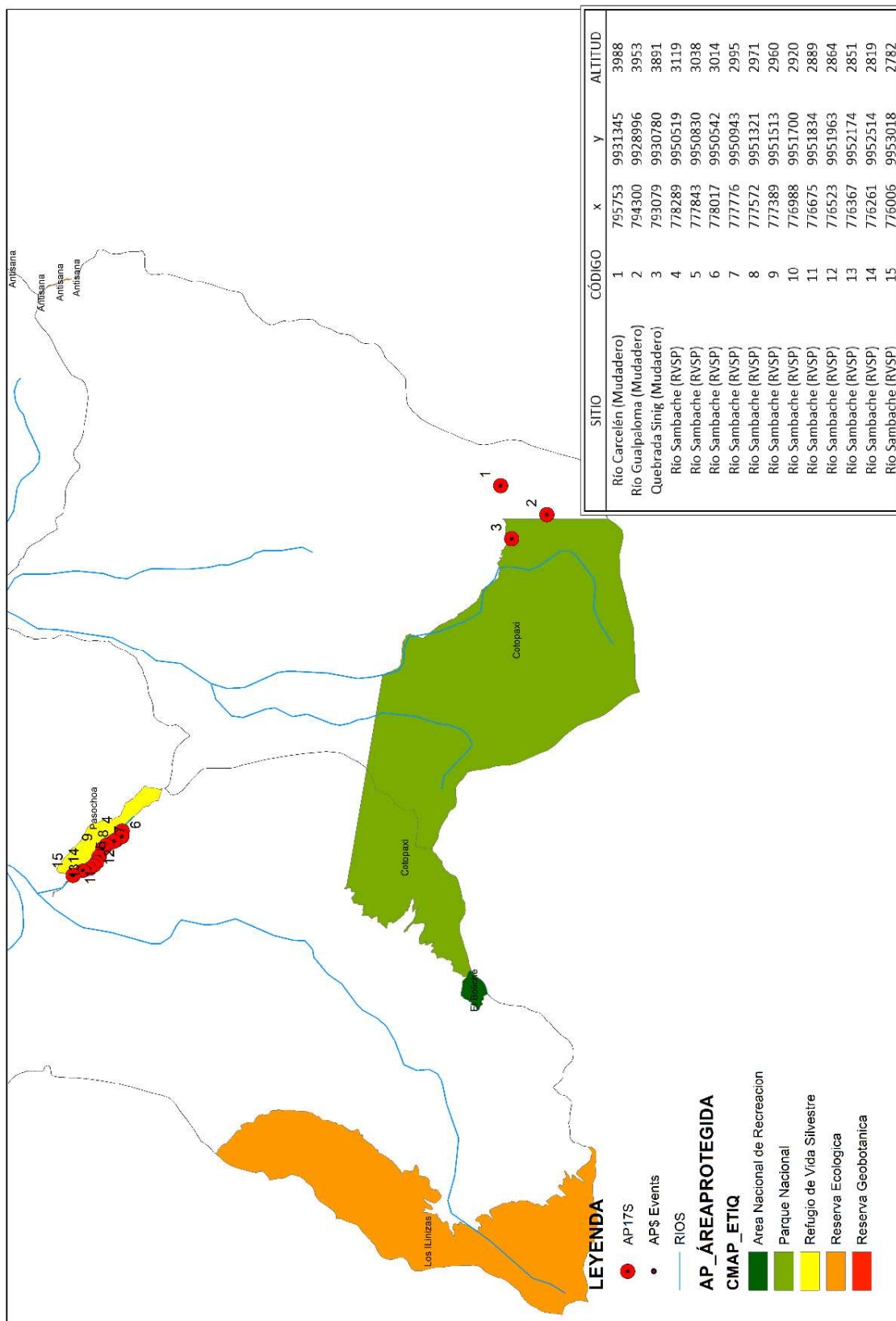
ÁREAS PROTEGIDAS



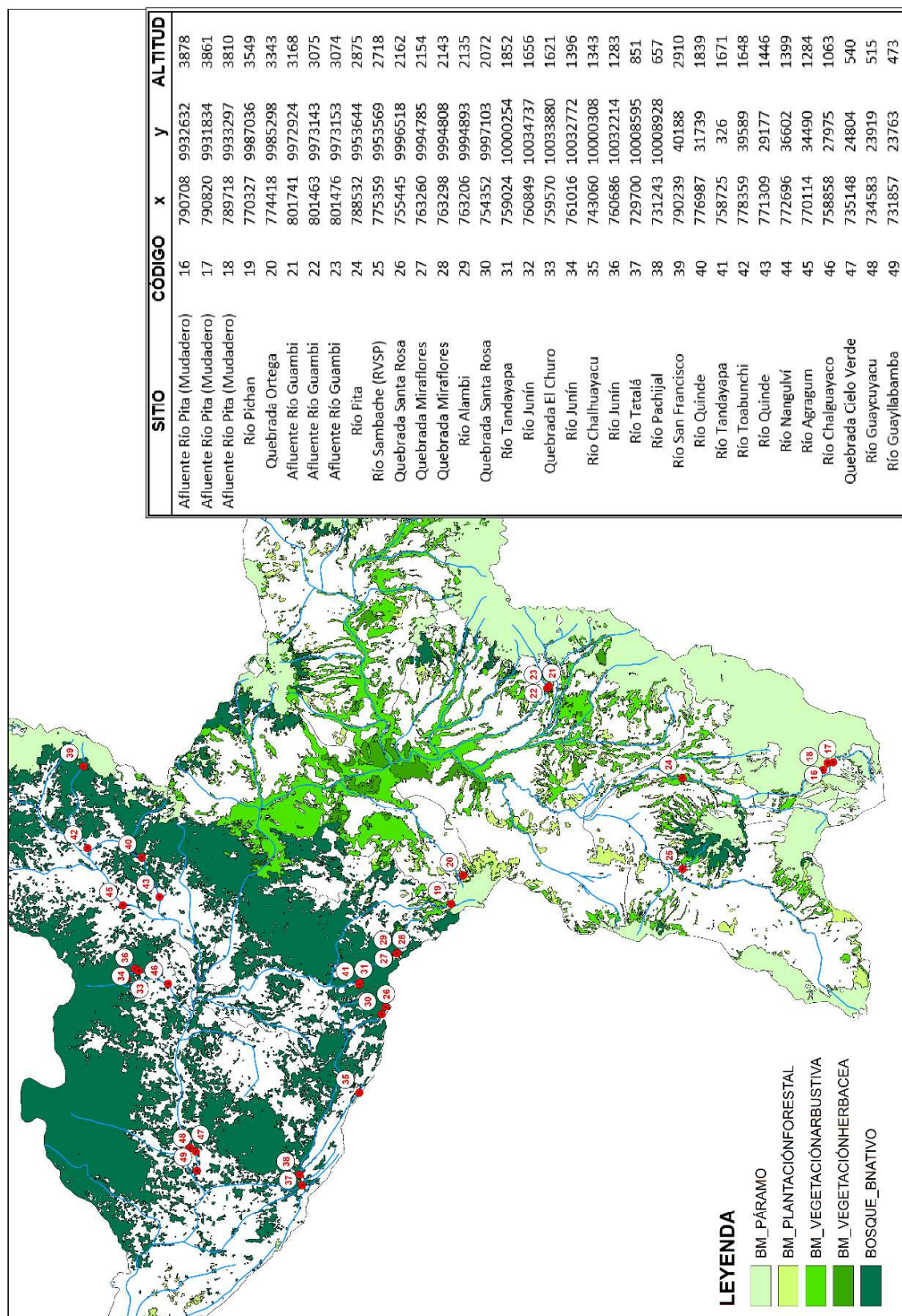
OTRAS TIERRAS



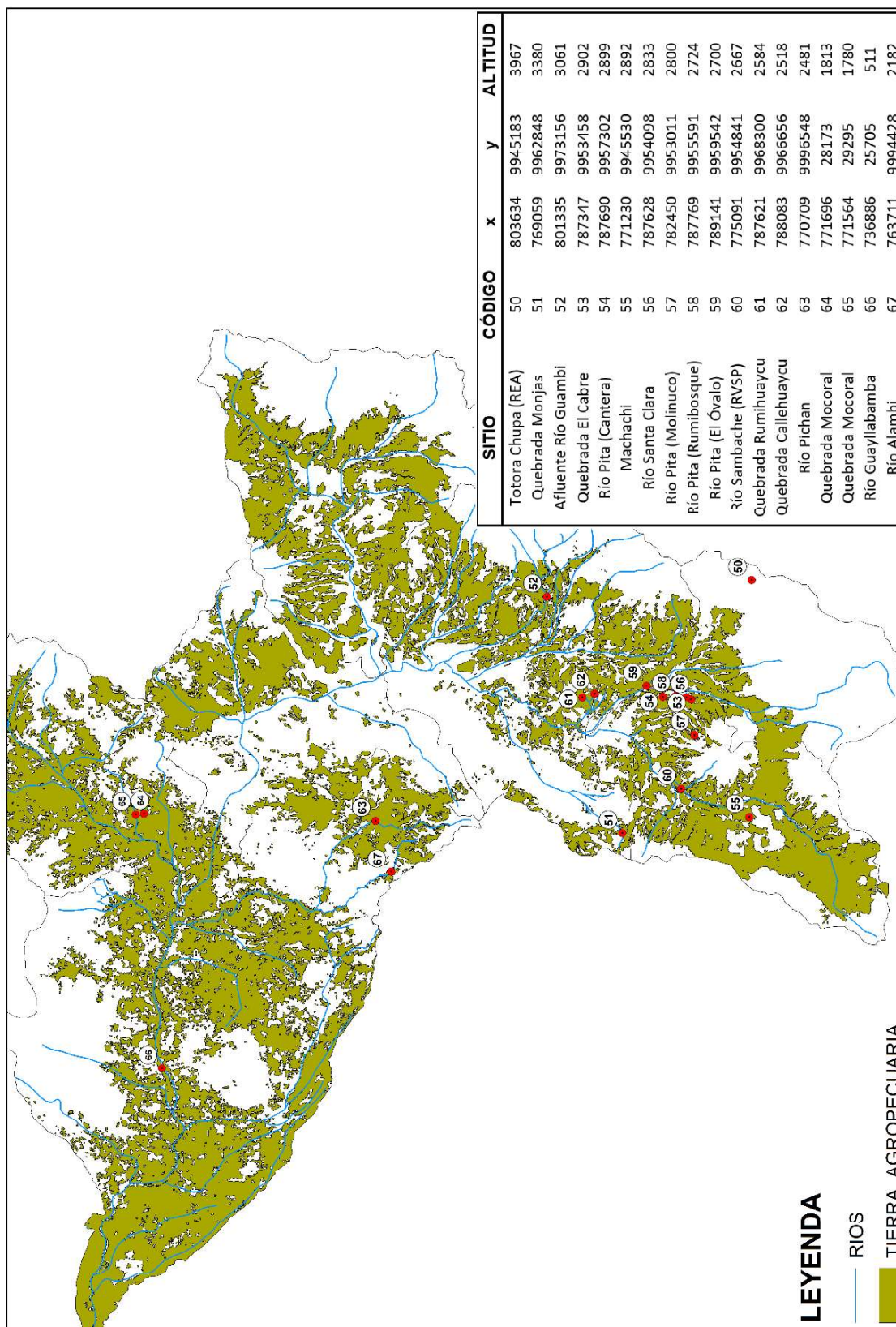
ANEXO 2.2 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ÁREAS PROTEGIDAS



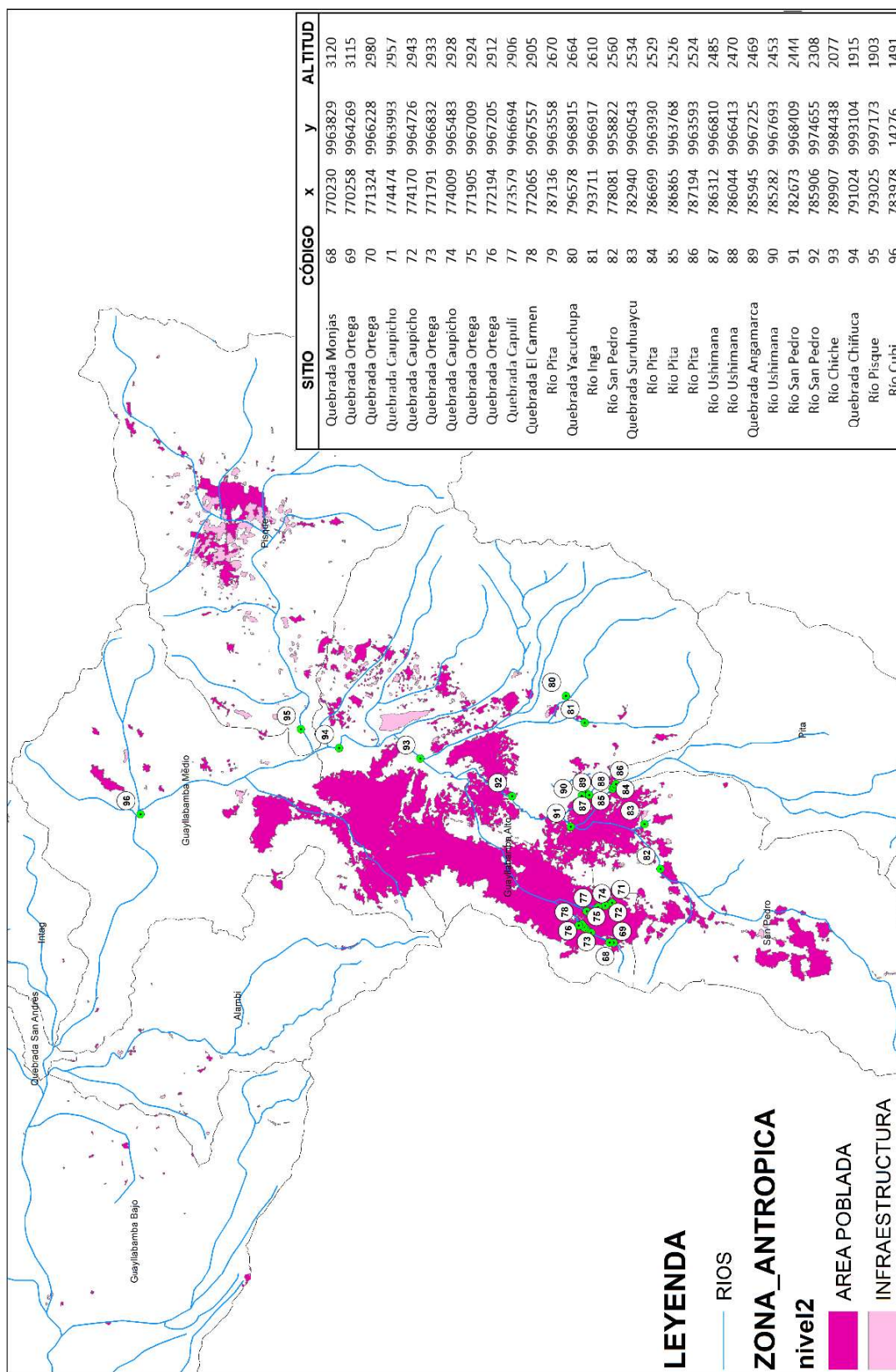
ANEXO 2.3 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN COBERTURA VEGETAL



ANEXO 2.4 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN SUELO AGRÍCOLA











ANEXO 2.5 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO EN ZONA POBLADA






ANEXO N° 3

**PRINCIPALES MACROINVERTEBRADOS EN LA ZONA DE VERIFICACIÓN
MOLINUCO**

ANEXO 3 FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EN EL PUNTO DE VERIFICACIÓN MOLINUCO

 <p>Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae</p>	 <p>Orden: Trichoptera Familia: Hydroptilidae</p>
 <p>Orden: Diptera Familia: Blepharoceridae</p>	 <p>Orden: Diptera Familia: Tipulidae</p>
 <p>Orden: Diptera Familia: Simuleidae</p>	 <p>Orden: Diptera Familia: Muscidae</p>
 <p>Orden: Diptera</p>	 <p>Orden: Diptera</p>

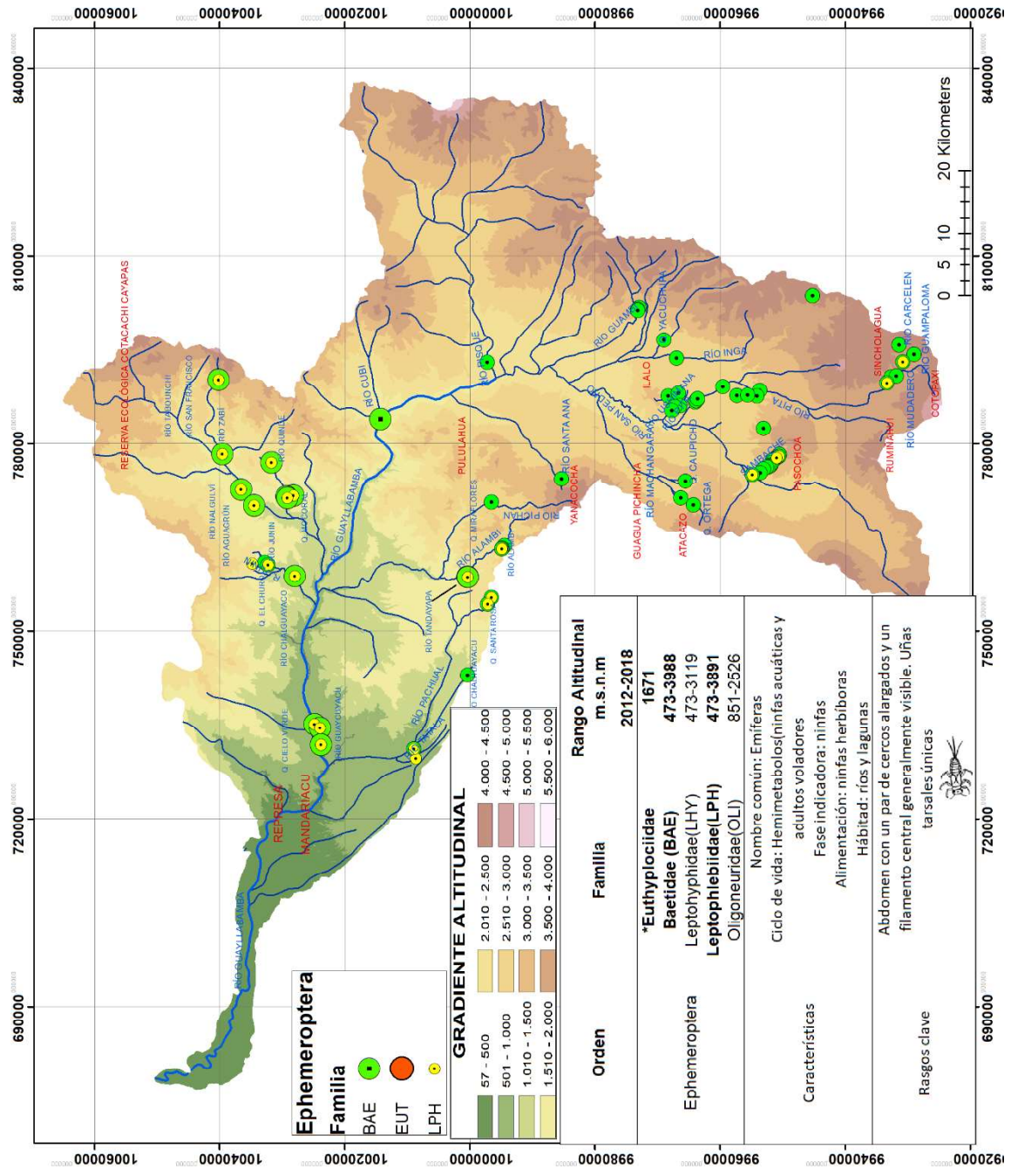
Familia: Empididae	Familia: Chironomidae
	
Orden: Diptera Familia: Chironomidae	Orden: Amphipoda Familia: Hyallellidae
	
Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae	

ANEXO N° 4

**MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO ACORDE A LA
DITRIBUCIÓN DEL GRADIENTE ALTITUDINAL DE LOS
MACROINVERTEBRADOS BÉNTONICOS**

ANEXO 4.1 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN EPHEMEROPTERA

ANEXO 4.1 Distribución altitudinal Orden Ephemeroptera

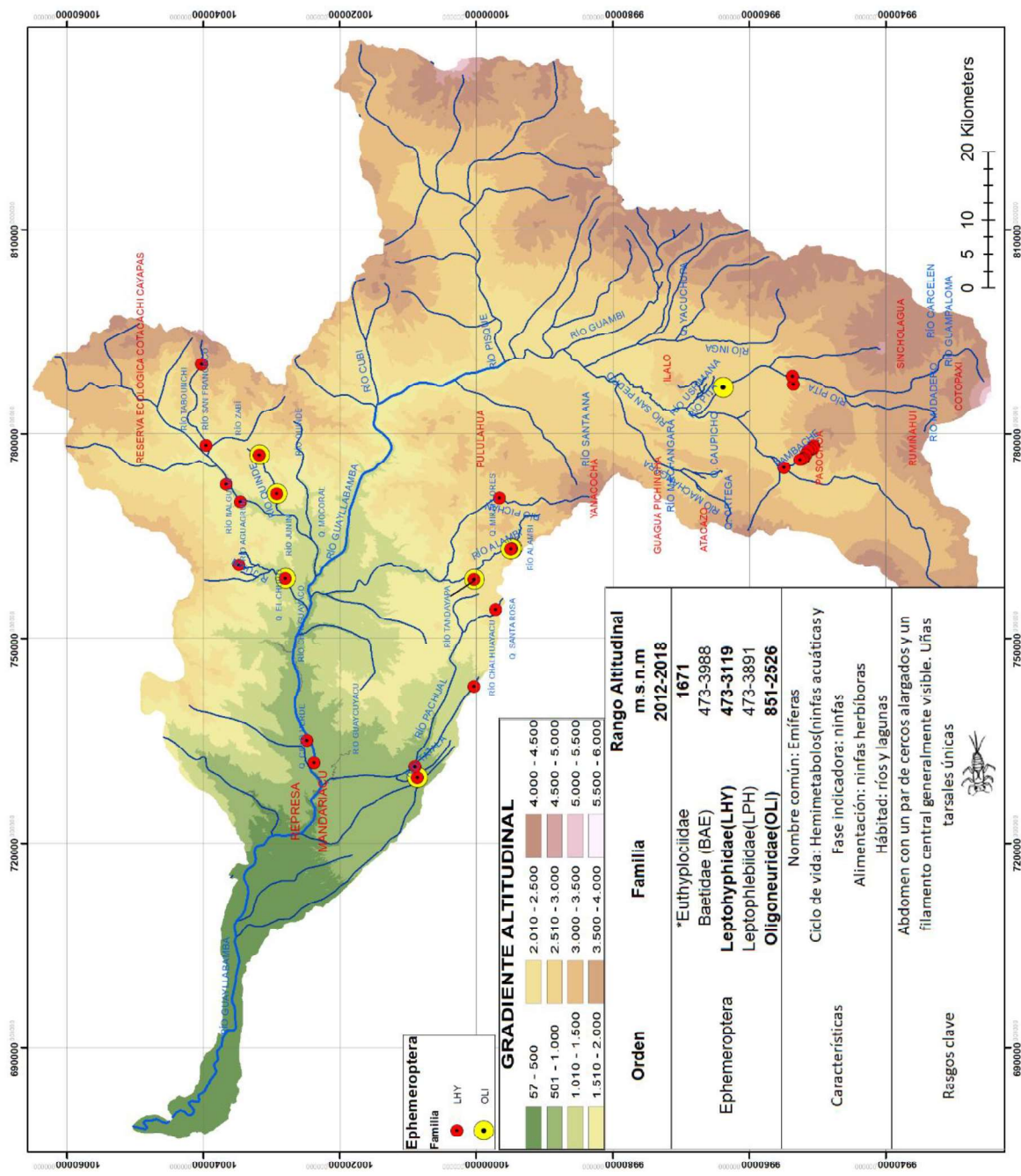


Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m
Ephemeroptera	*Euthyplociidae Baetidae (BAE) Leptophlebiidae(LHY) Leptophlebiidae(LPH) Oligoneuridae(OLI)	2012-2018 1671 473-3988 473-3119 473-3891 851-2526
Características	Nombre común: Emíferas adultos voladores Fase indicadora: ninfas Alimentación: ninfas herbívoras Hábitad: ríos y lagunas	
Rasgos clave	Abdomen con un par de cercos alargados y un filamento central generalmente visible. Uñas tarsales únicas	



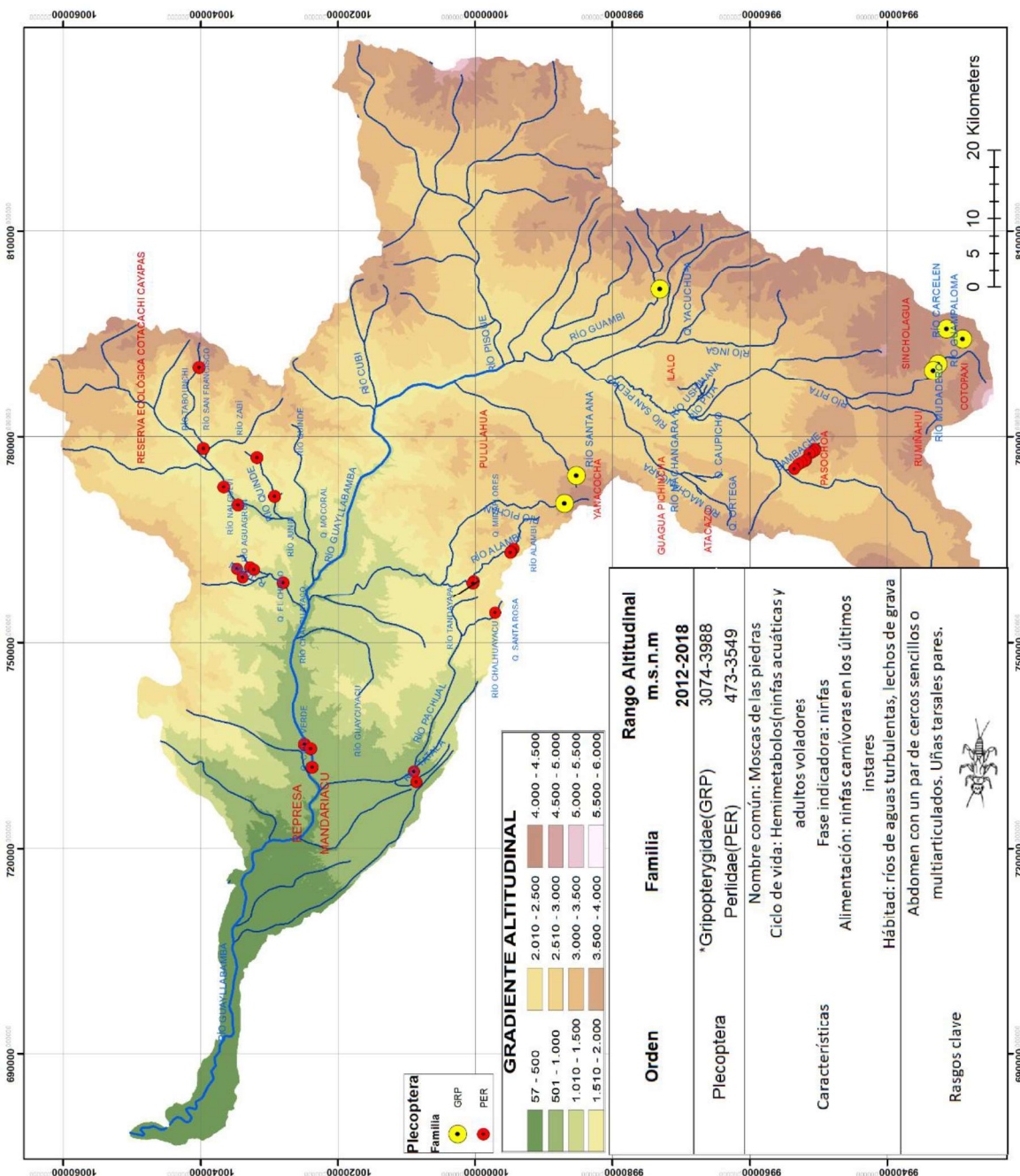
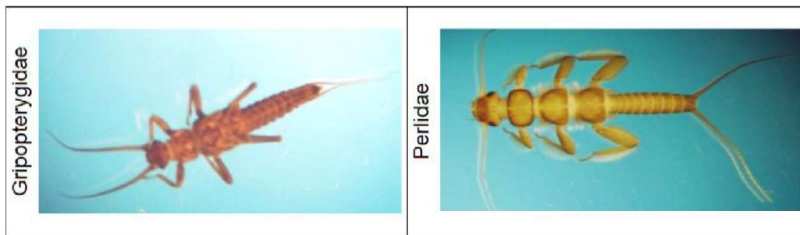
ANEXO 4.2 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN EPHEMEROPTERA

ANEXO 4.2 Distribución altitudinal Orden Ephemeroptera



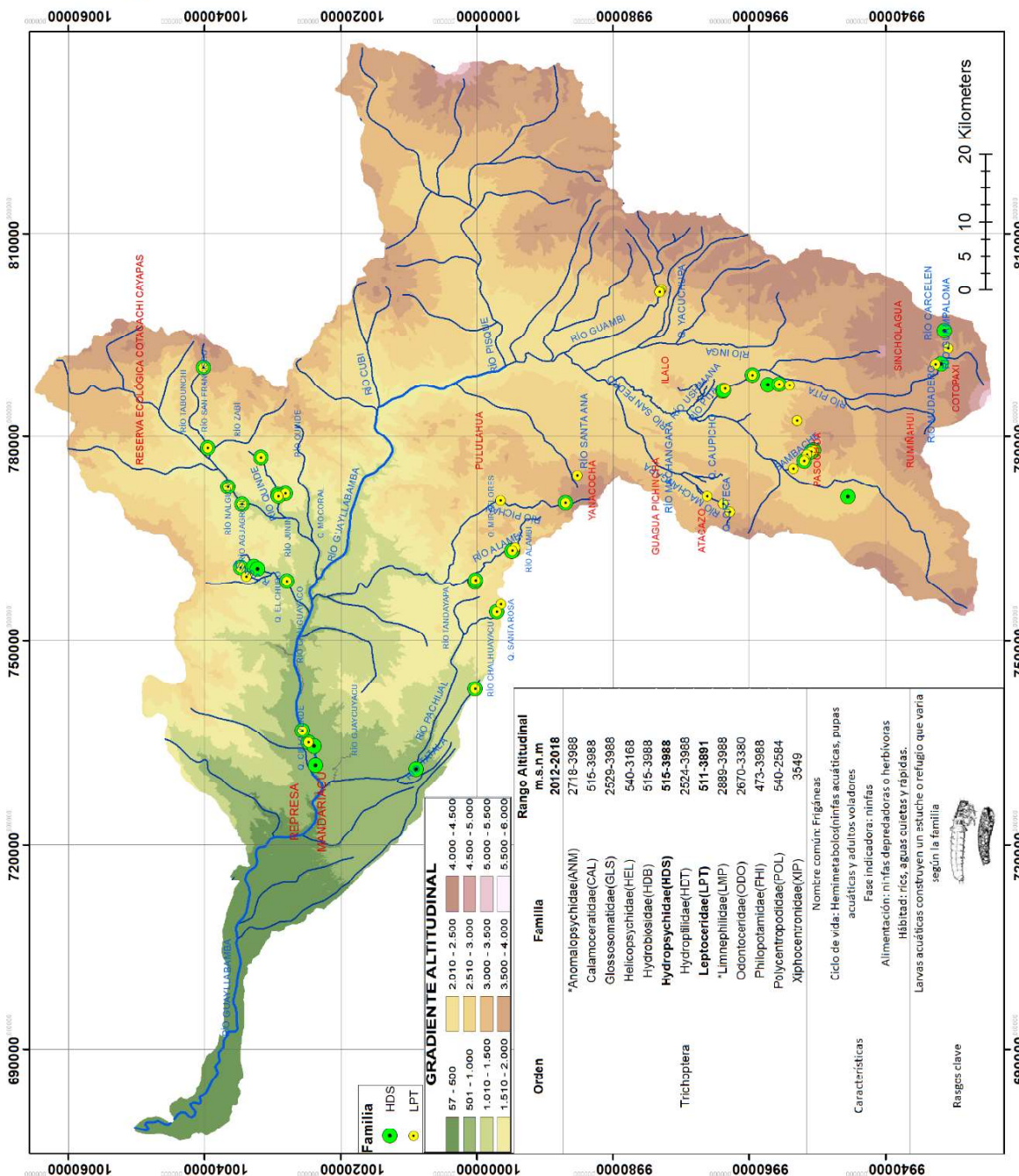
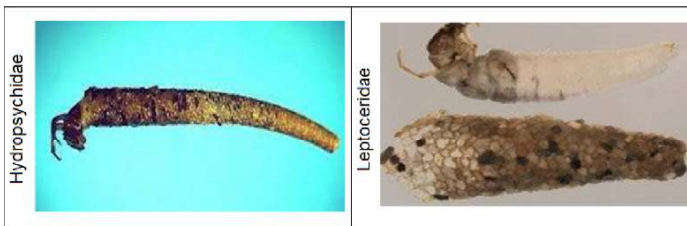
ANEXO 4.3 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN PLECOPTERA

ANEXO 4.3
Distribución
altitudinal
Orden
Plecoptera



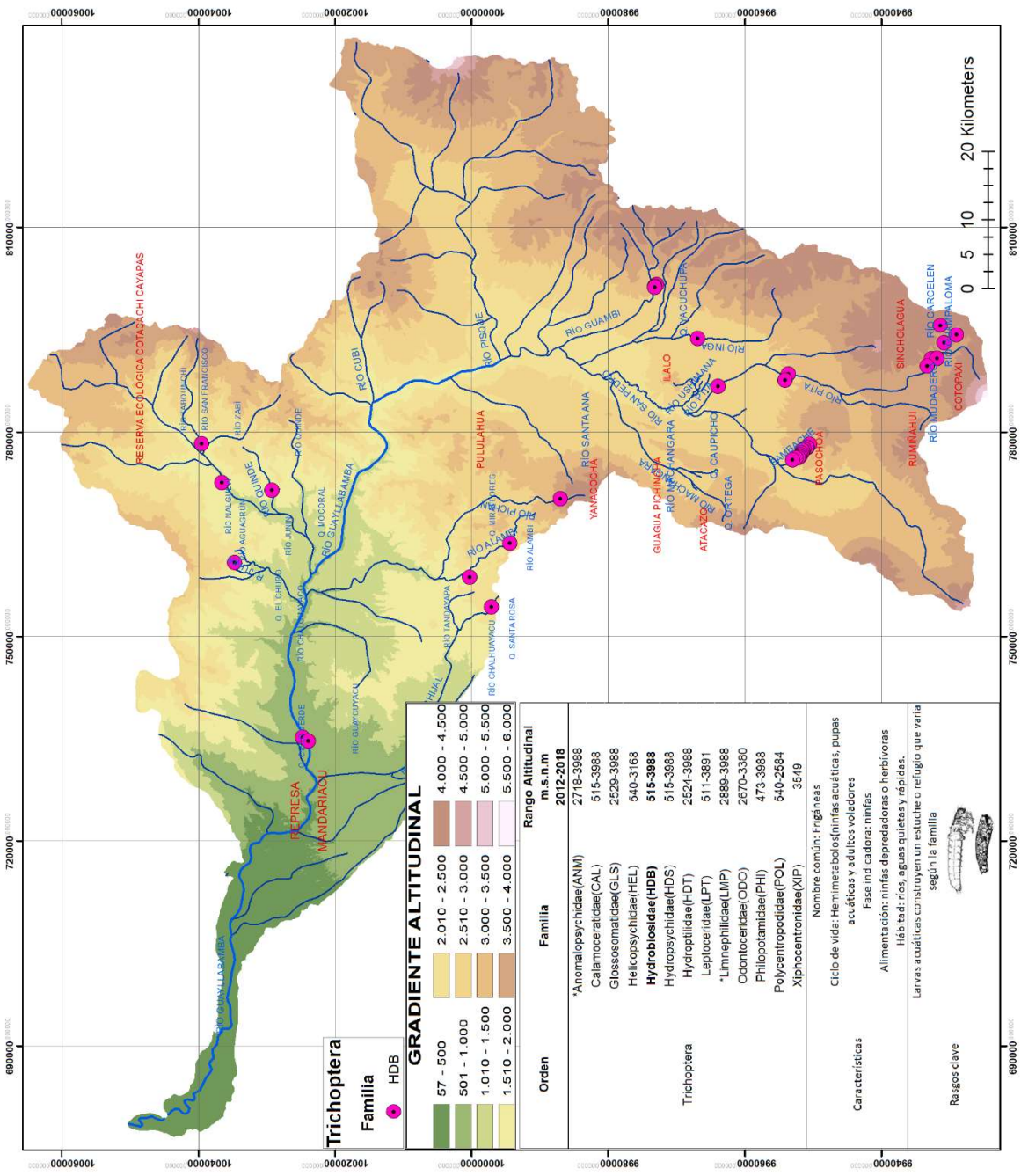
ANEXO 4.4 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA

ANEXO 4.4 Distribución altitudinal Orden Trichoptera



ANEXO 4.5 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA

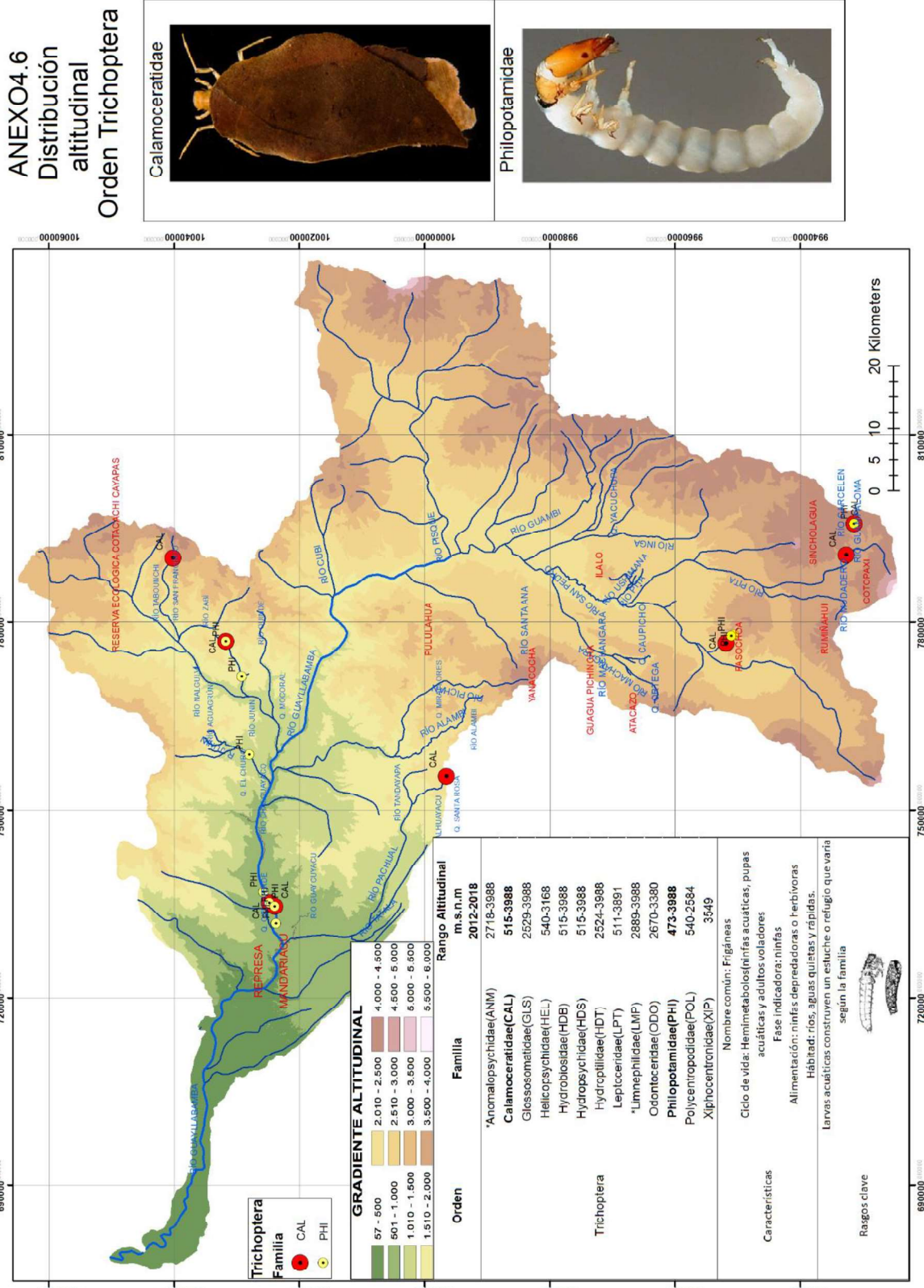
ANEXO 4.5 Distribución altitudinal Orden Trichoptera



Trichoptera
Familia HDB

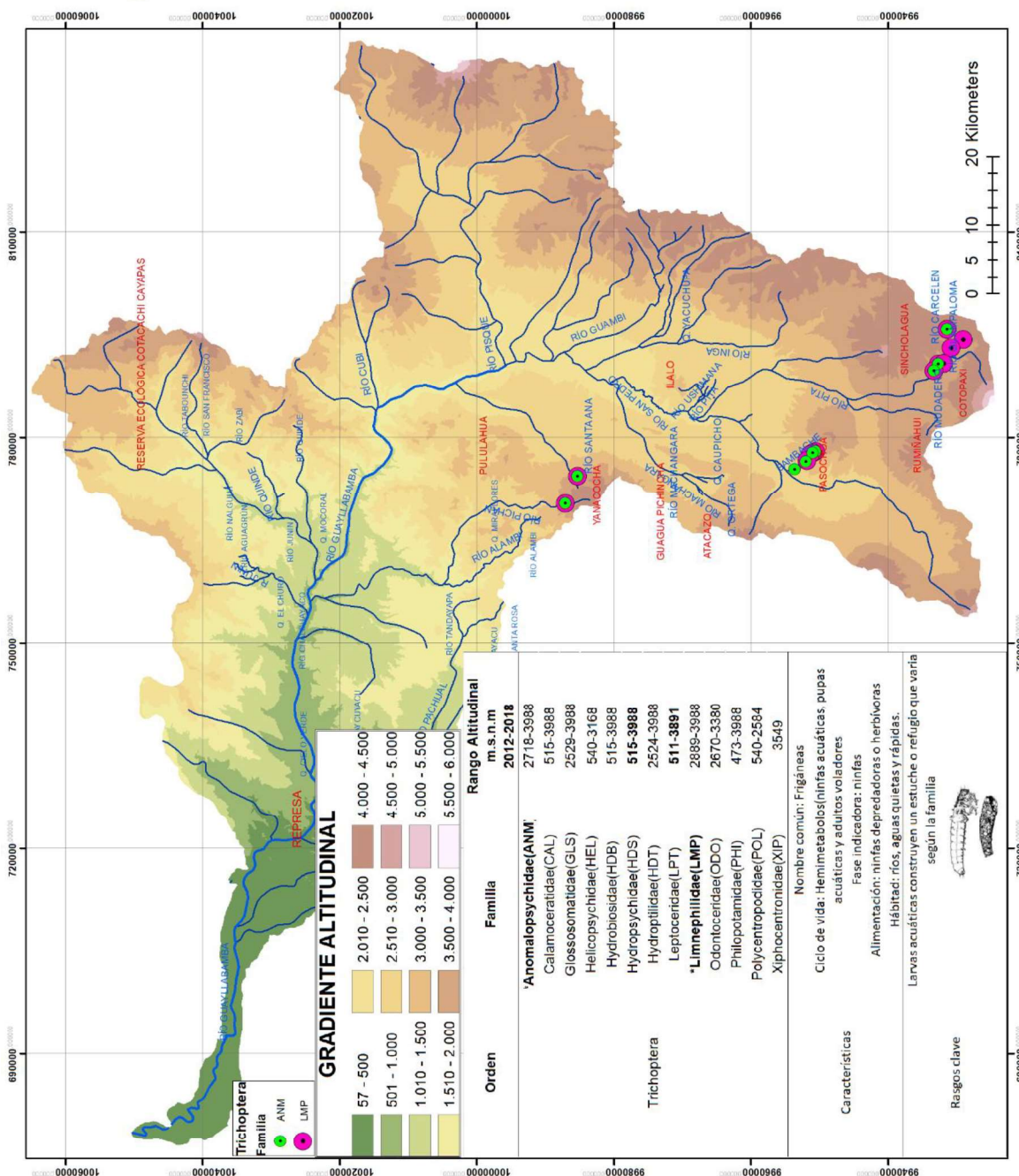
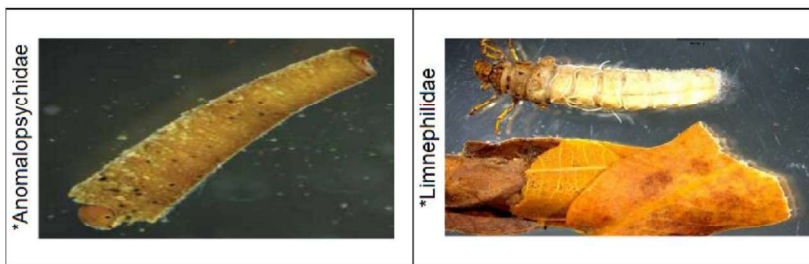


ANEXO 4.6 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA



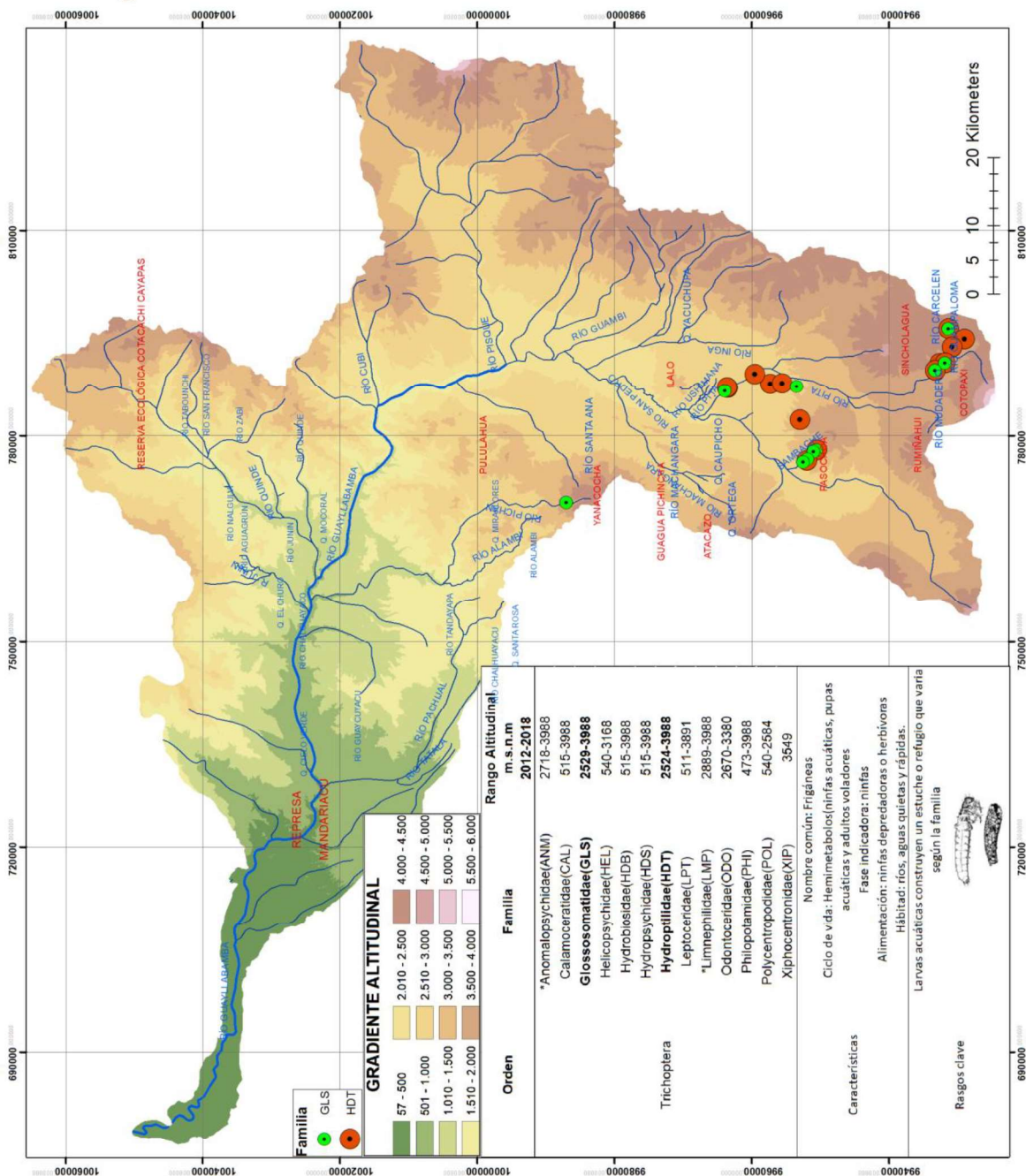
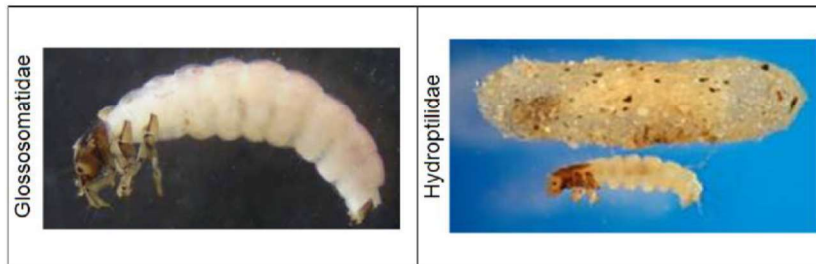
ANEXO 4.7 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA

ANEXO 4.7 Distribución altitudinal Orden Trichoptera



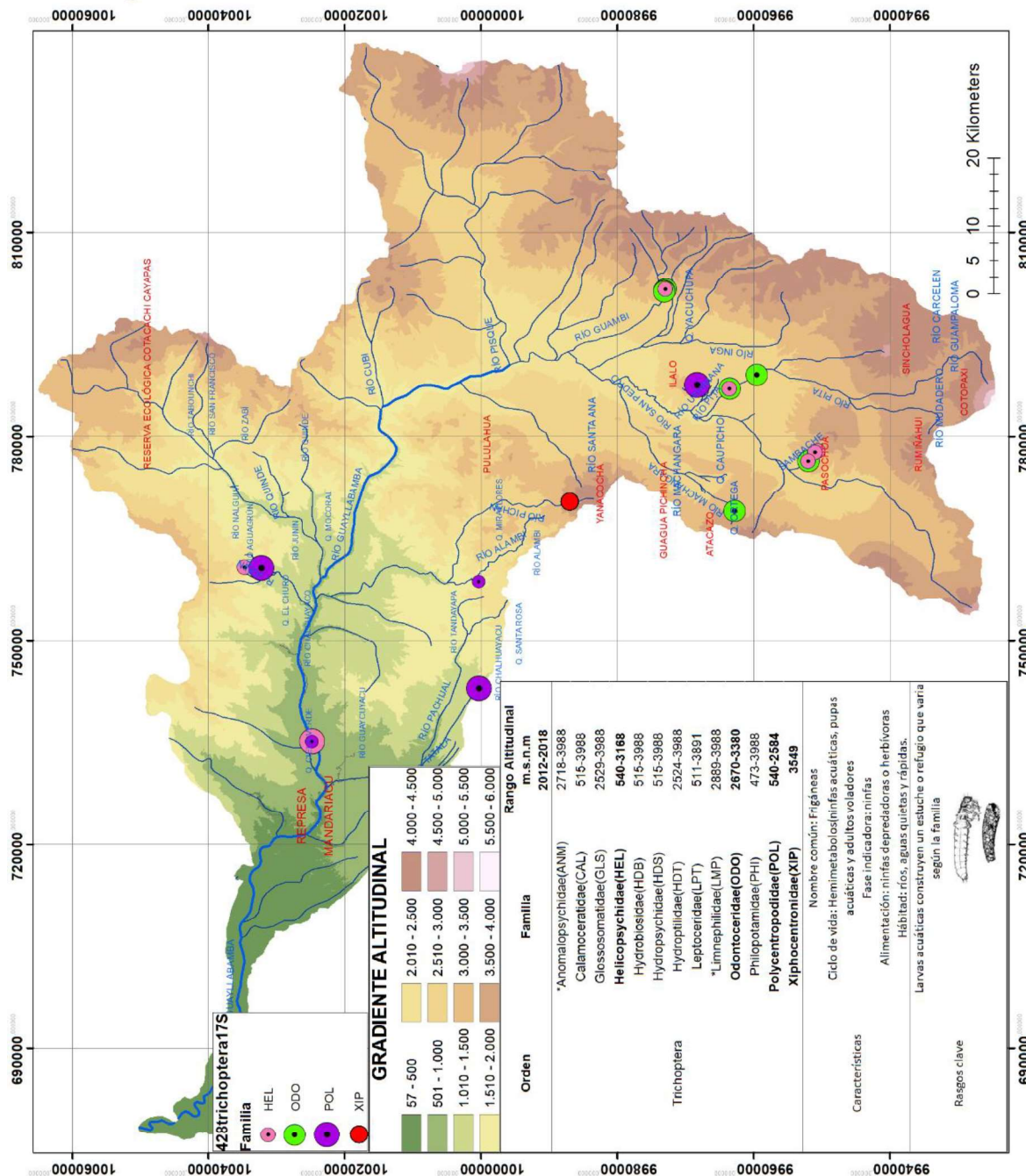
ANEXO 4.8 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA

ANEXO 4.8 Distribución altitudinal Orden Trichoptera



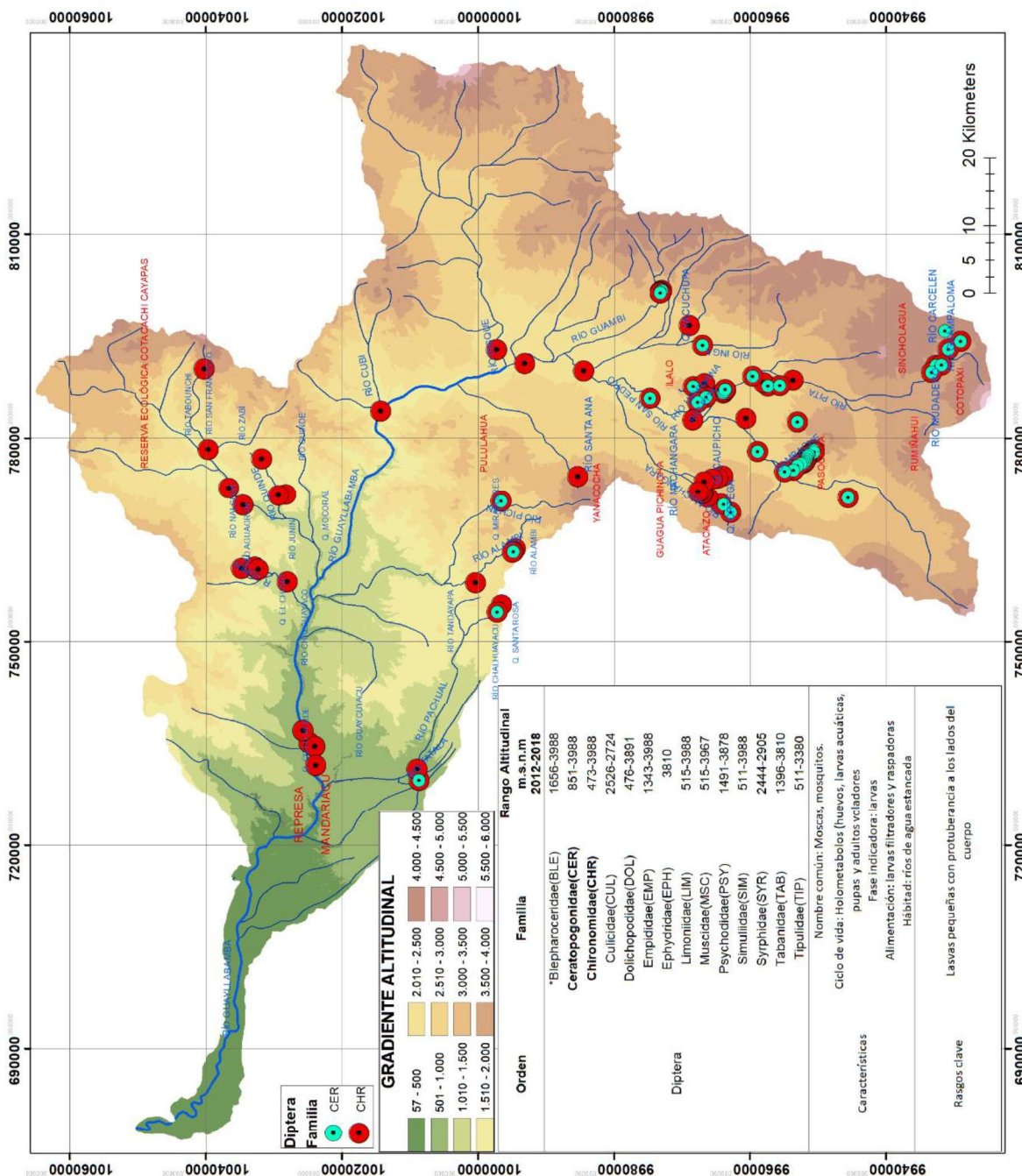
ANEXO 4.9 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICHOPTERA

ANEXO 4.9 Distribución altitudinal Orden Trichoptera



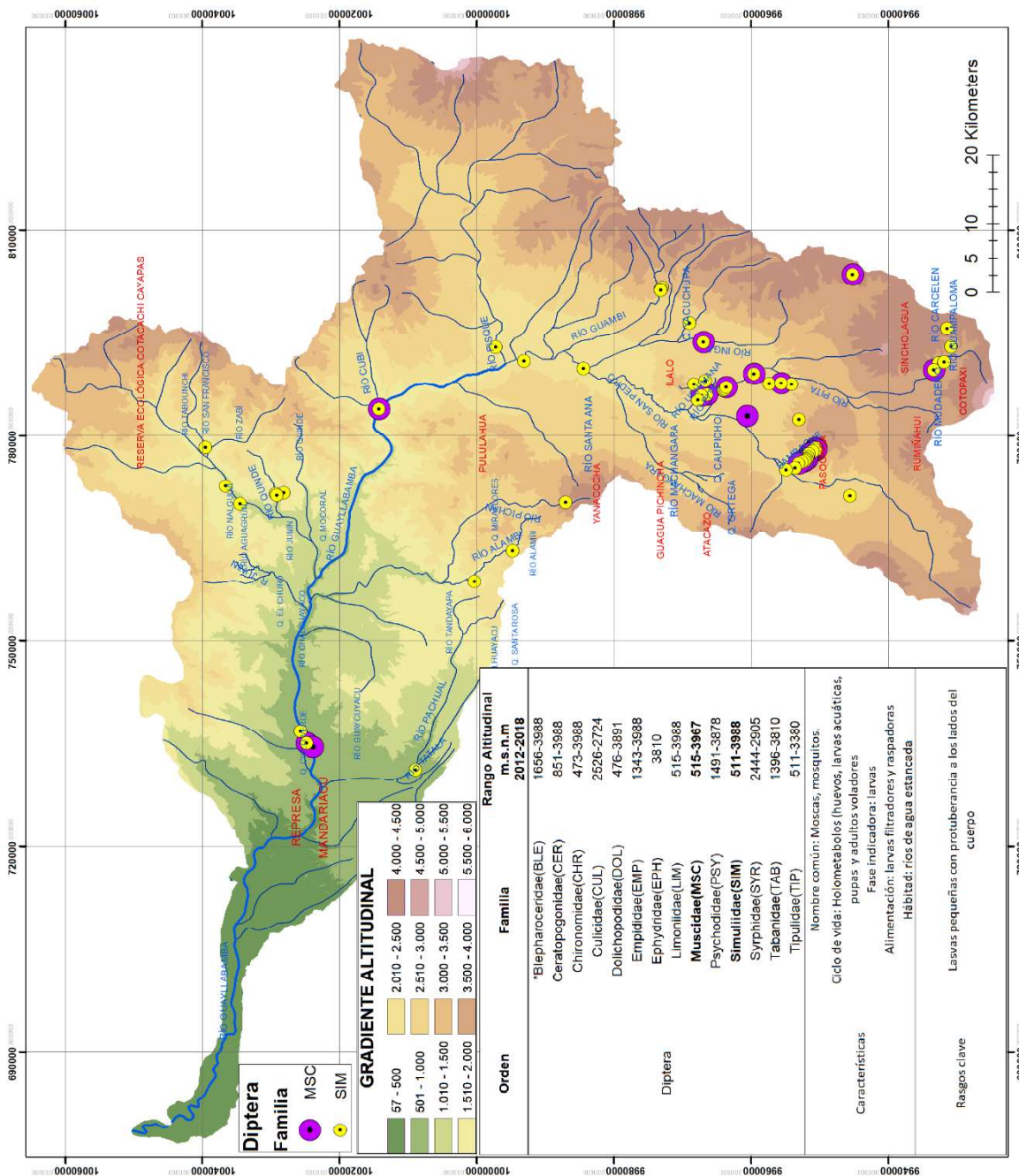
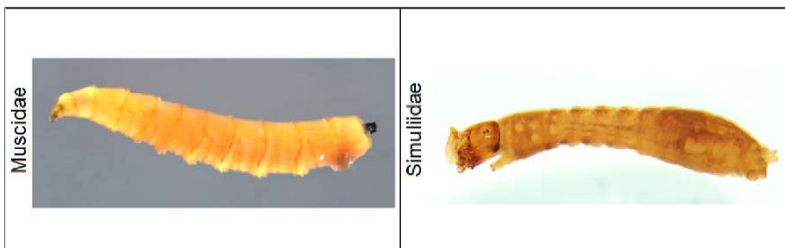
ANEXO 4.10 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.10
Distribución
altitudinal
Orden Diptera



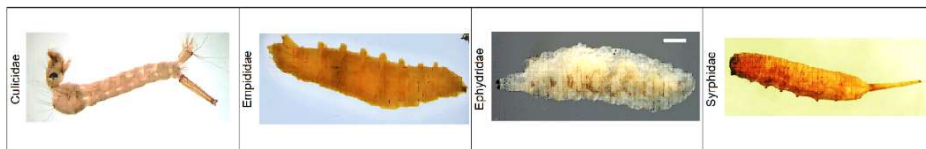
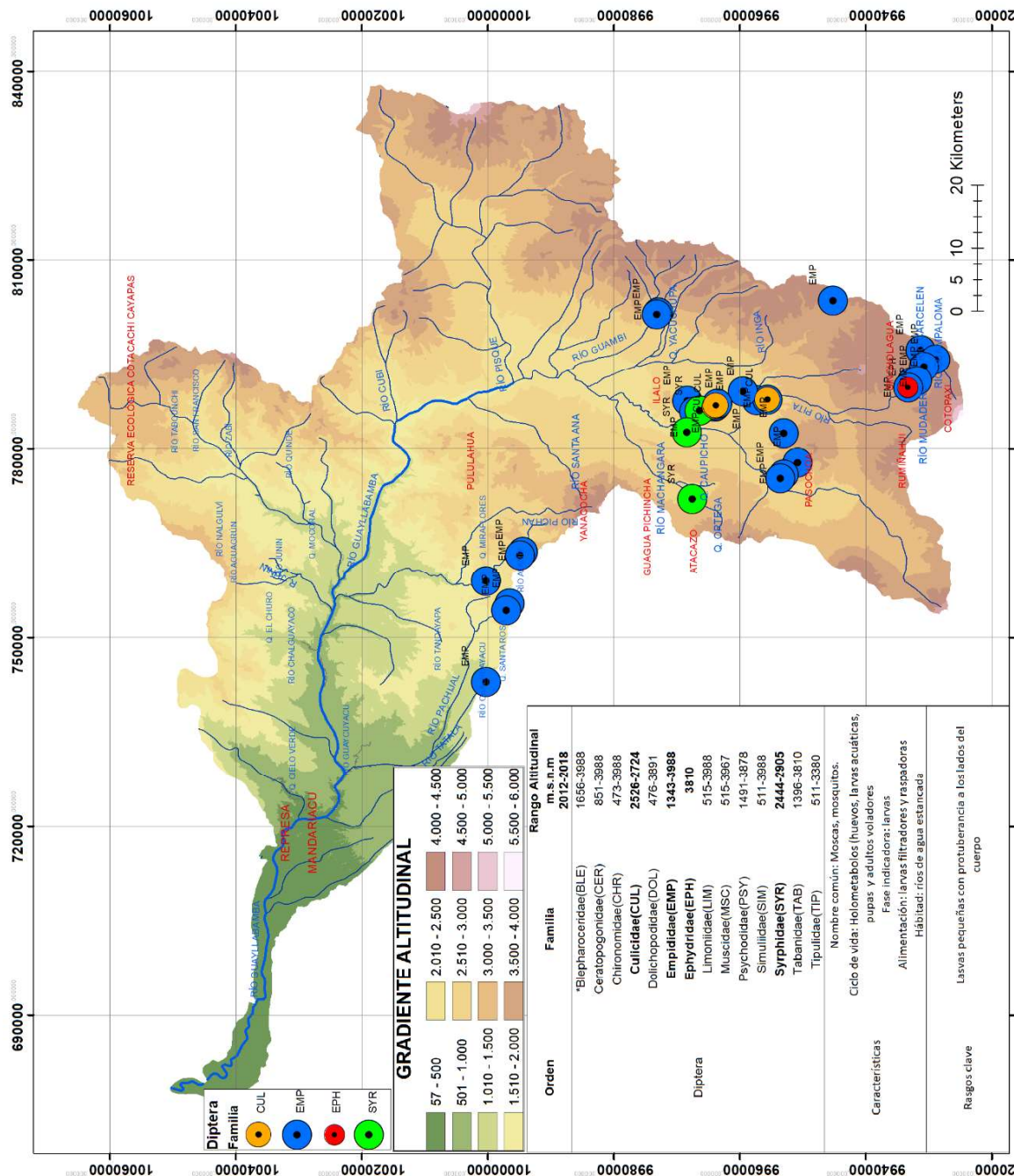
ANEXO 4.11 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.11 Distribución altitudinal Orden Diptera



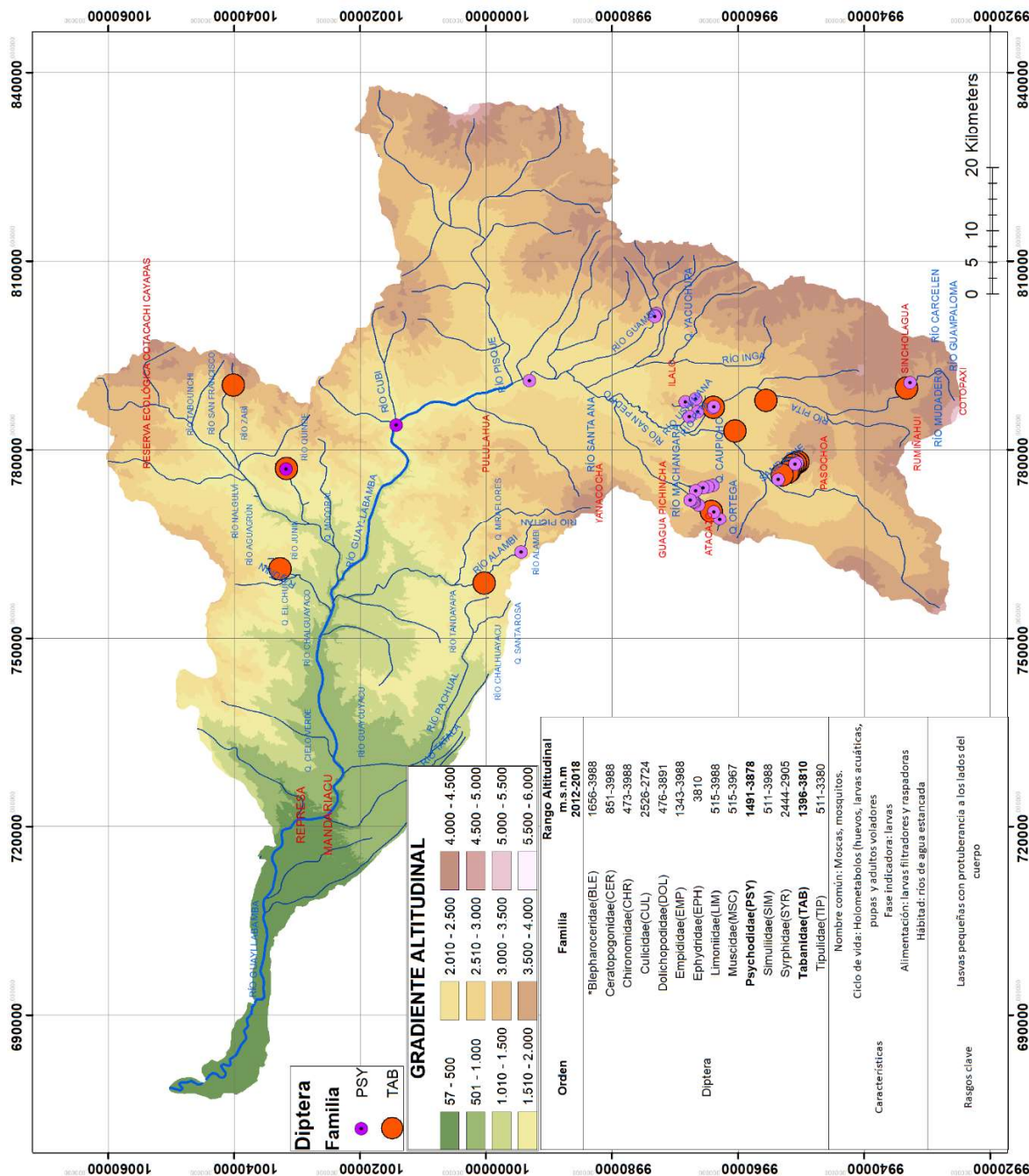
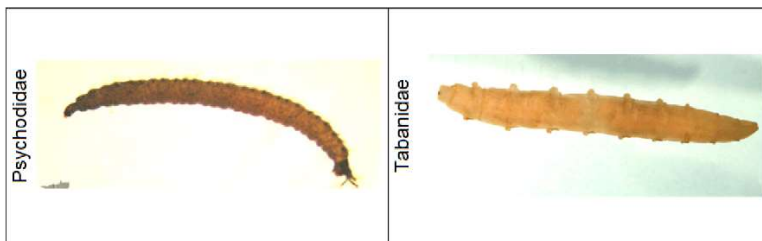
ANEXO 4.12 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.12 Distribución altitudinal Orden Diptera



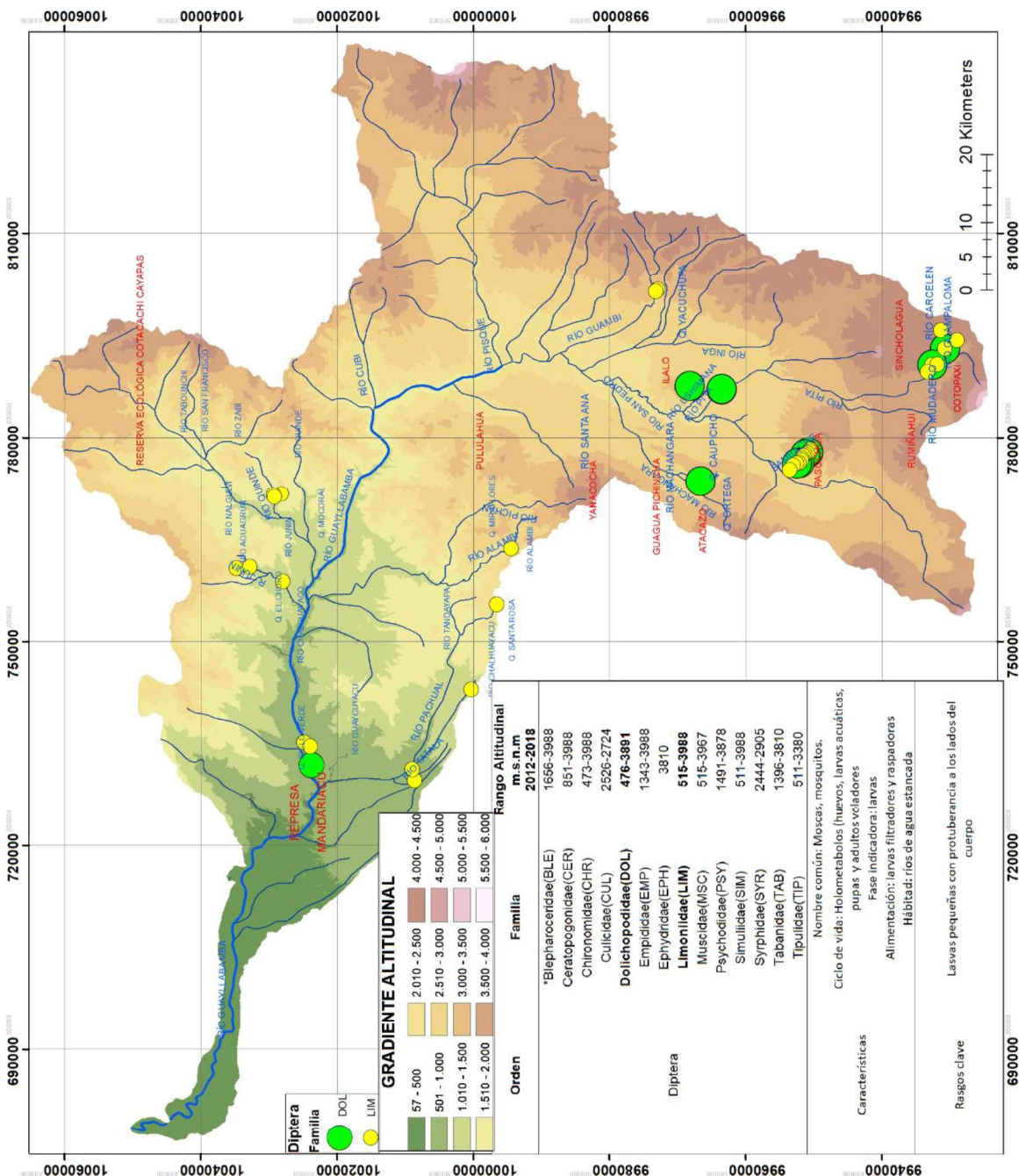
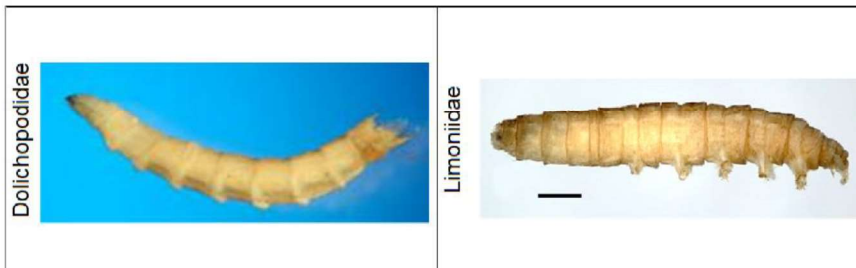
ANEXO 4.13 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.13 Rango altitudinal Orden Diptera



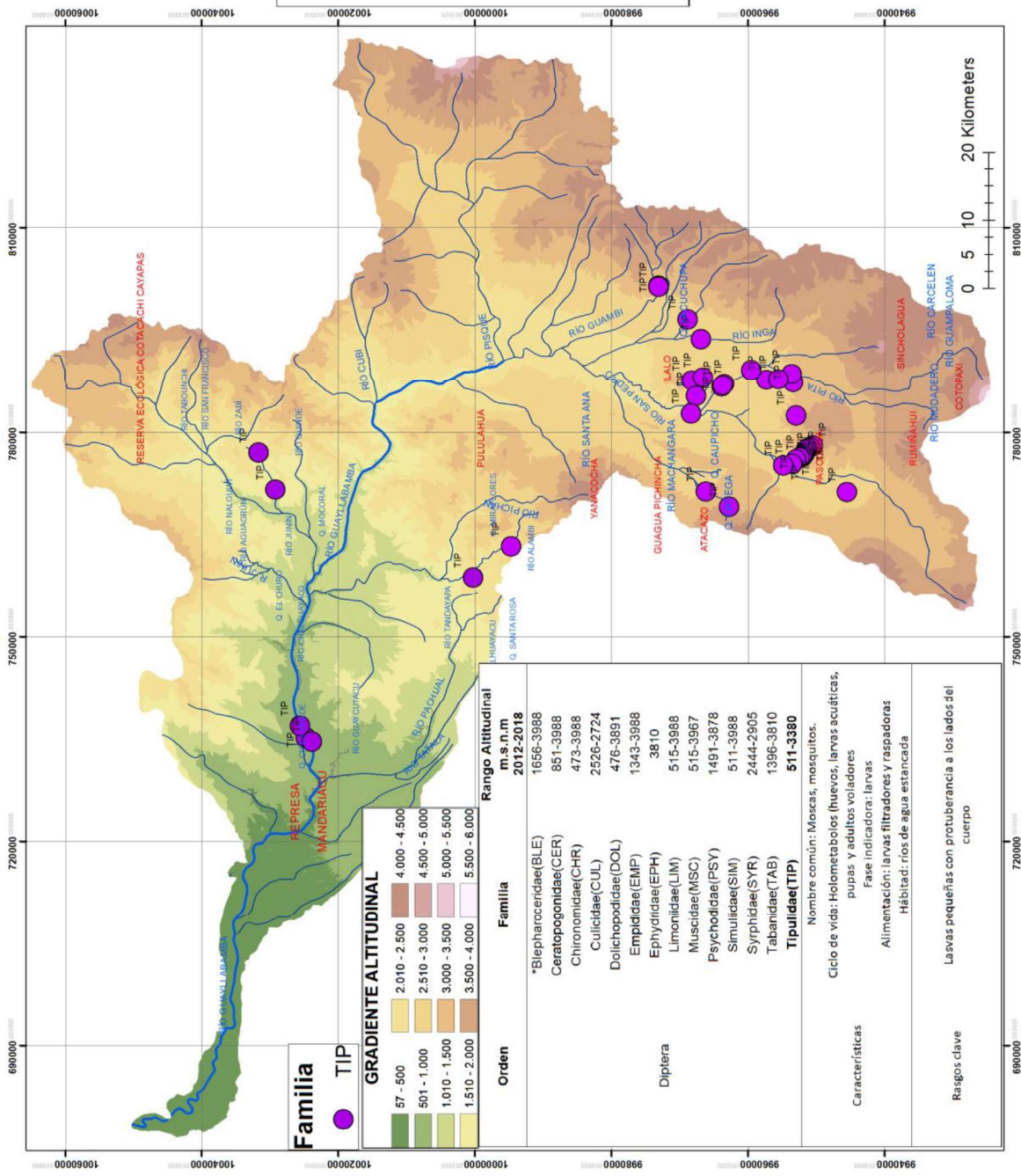
ANEXO 4.14 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.14 Distribución altitudinal Orden Diptera

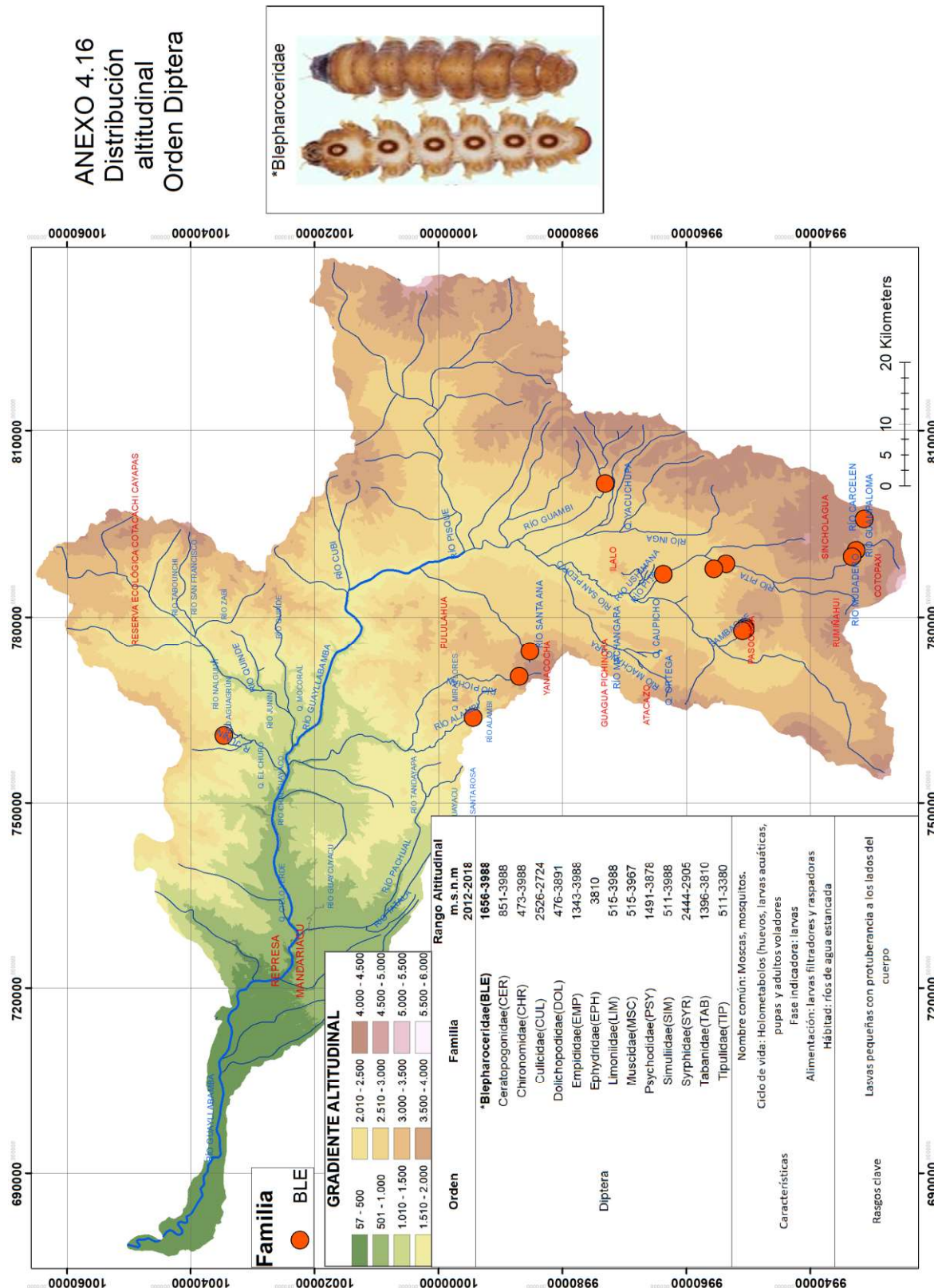


ANEXO 4.15 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA

ANEXO 4.15
Distribución
altitudinal
Orden Diptera

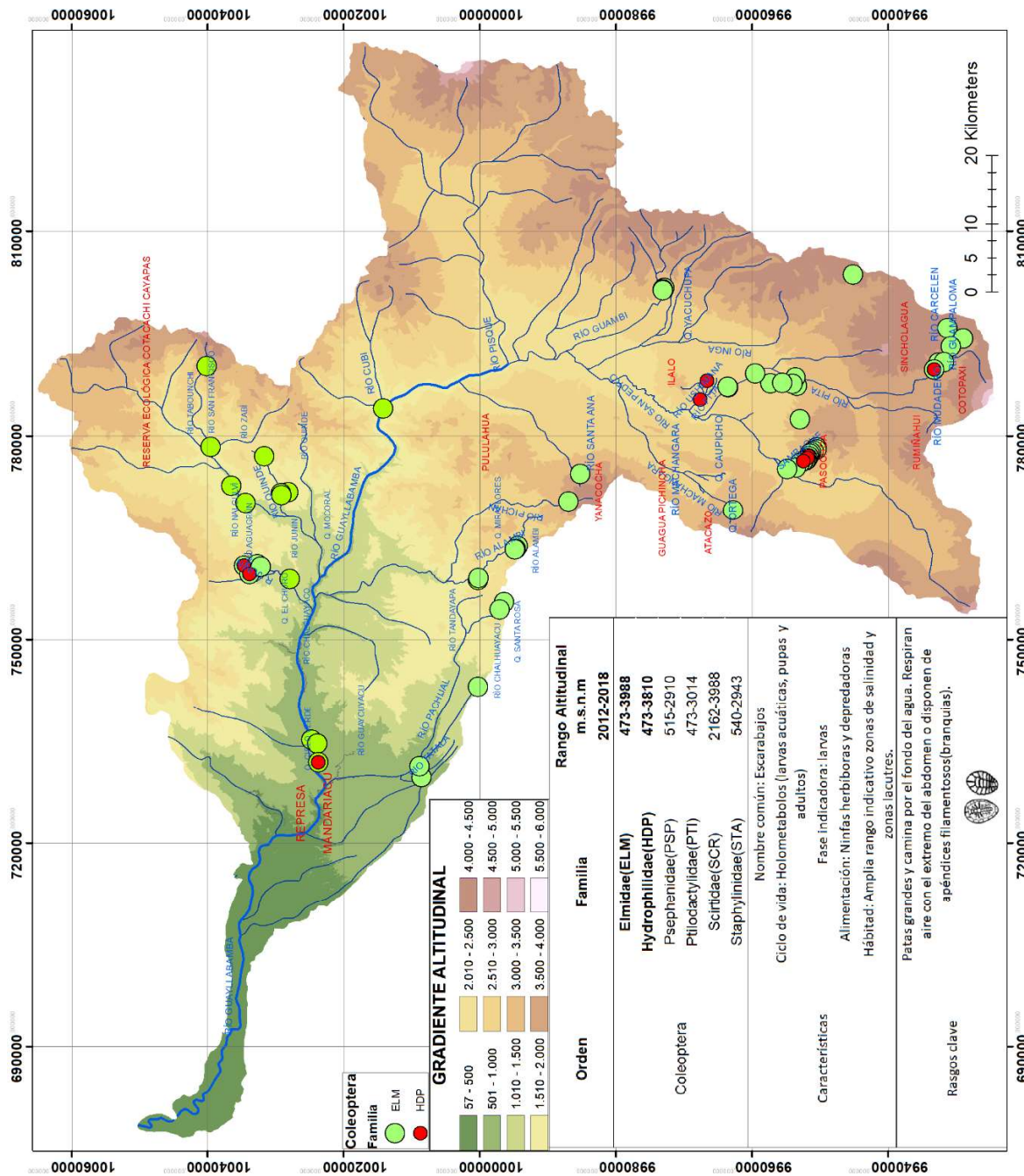


ANEXO 4.16 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN DIPTERA



ANEXO 4.17 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA

ANEXO 4.17 Rango altitudinal Orden Coleoptera



Coleoptera
Familia
ELM
HDP

GRADIENTE ALTITUDINAL

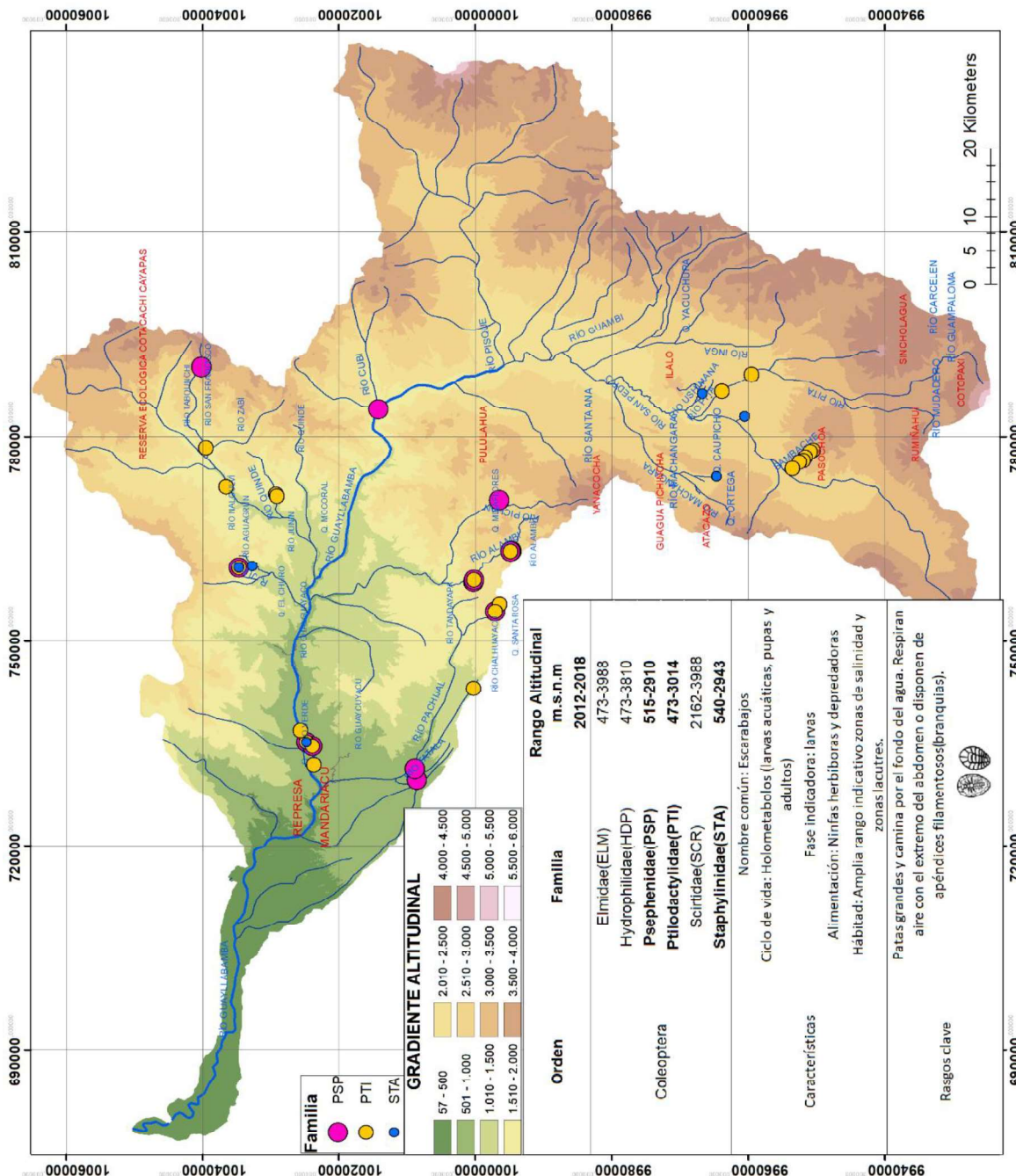
57 - 500	4.000 - 4.500
501 - 1.000	4.500 - 5.000
1.010 - 1.500	5.000 - 5.500
1.510 - 2.000	5.500 - 6.000
2.010 - 2.500	
2.510 - 3.000	
3.000 - 3.500	
3.500 - 4.000	
4.000 - 4.500	

Orden	Familia	Rango Altitudinal m.s.n.m 2012-2018
Coleoptera	Elmidae(ELM)	473-3988
	Hydrophiliidae(HDP)	473-3810
	Psephenidae(PSP)	515-2910
	Ptilodactylidae(PTI)	473-3014
Características	Scirtidae(SCR)	2162-3988
	Staphylinidae(STA)	540-2943
Ciclo de vida: Escarabajos Nombre común: Escarabajos adultos		
Fase indicadora: larvas		
Alimentación: Ninfas herbívoras y depredadoras		
Hábitad: Amplia rango indicativo zonas de salinidad y zonas lacustres.		
Rasgos clave Patas grandes y camina por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos(branquias).		



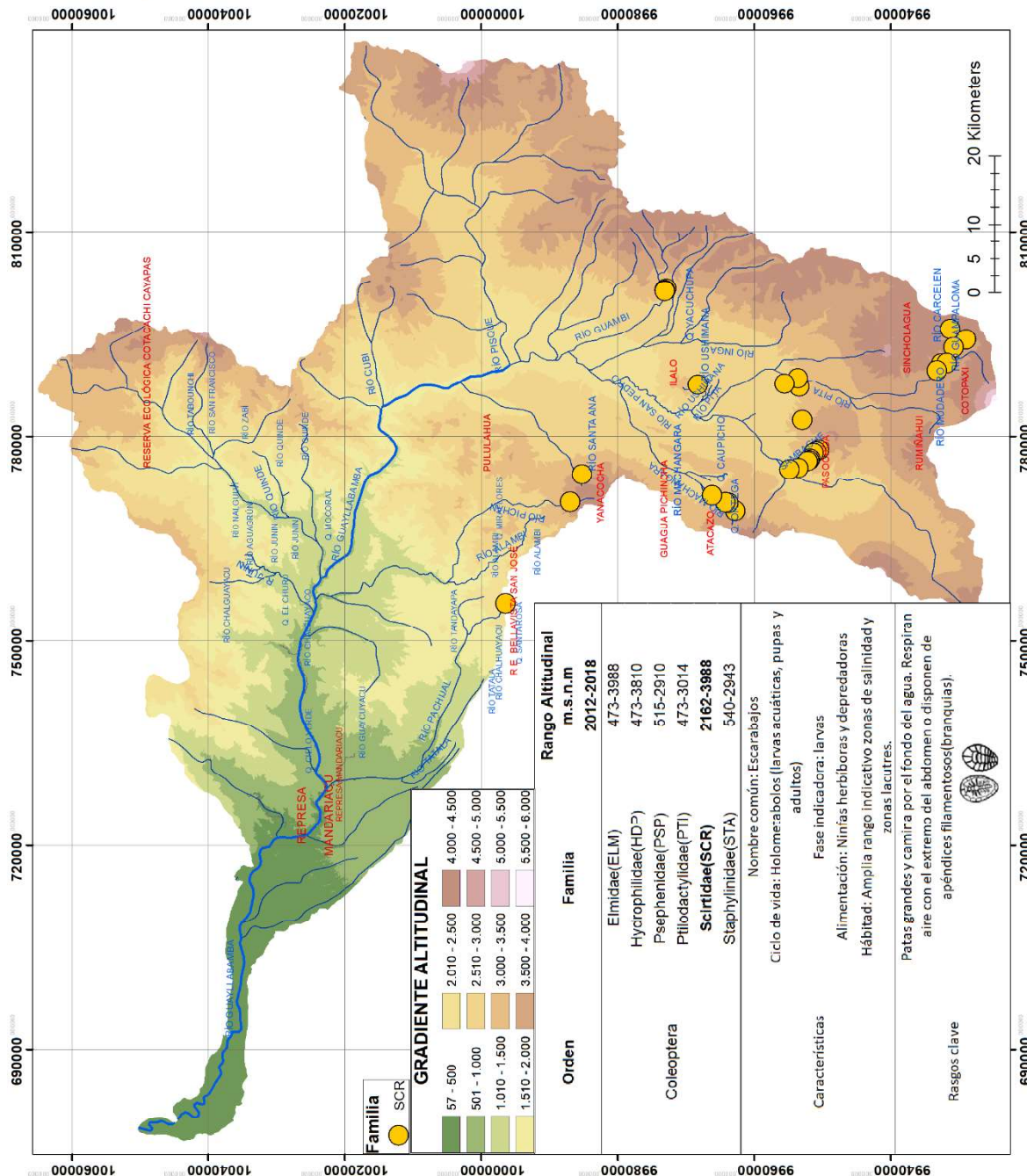
ANEXO 4.18 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA

ANEXO 4.18 Distribución altitudinal Orden Coleoptera



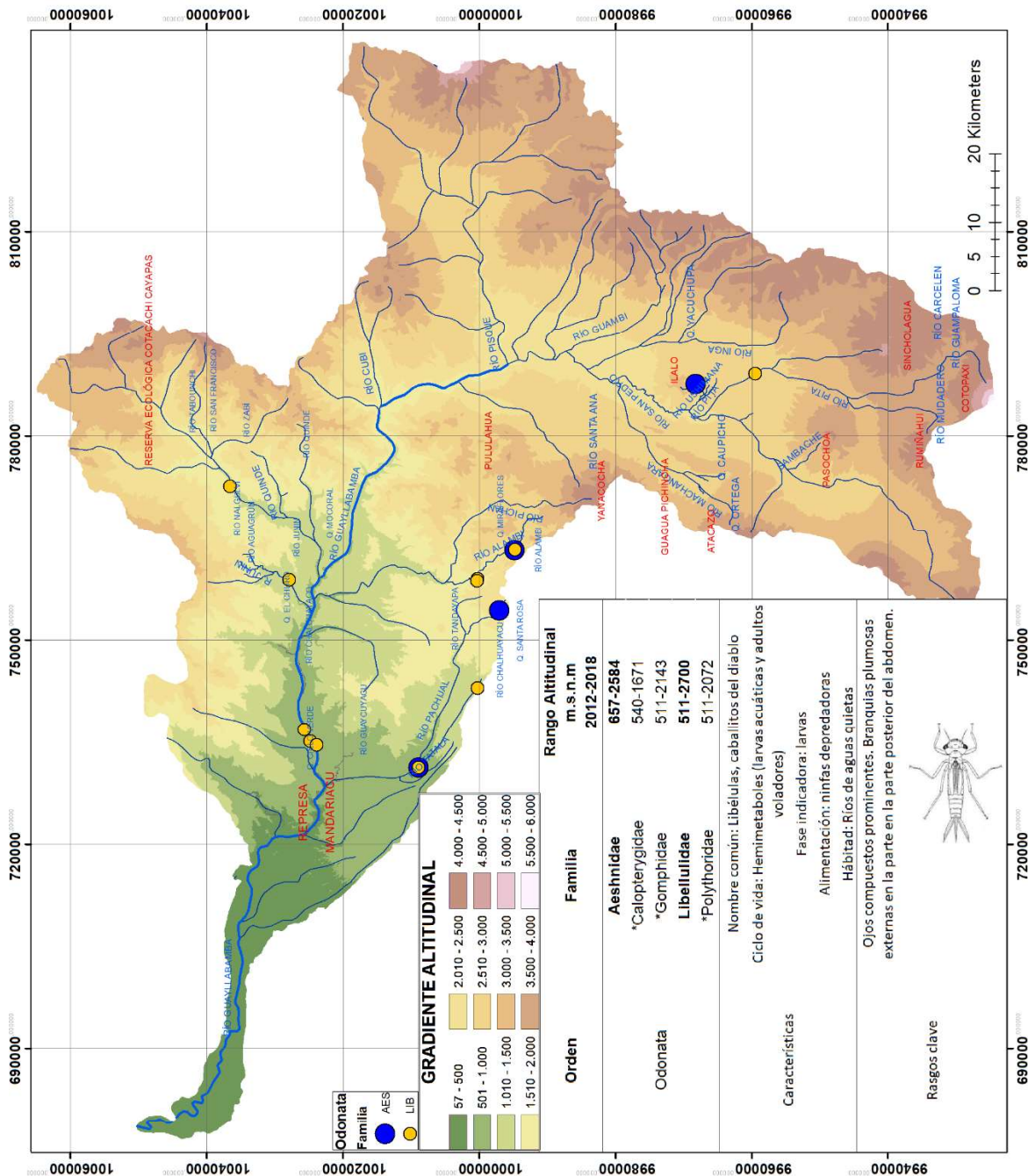
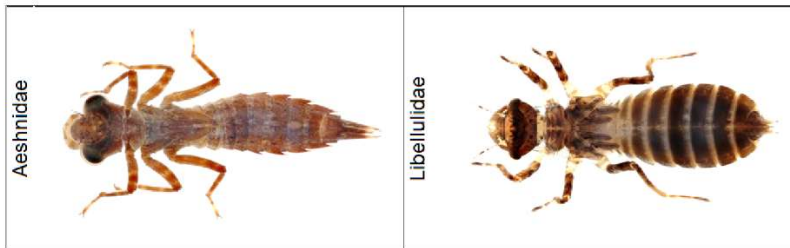
ANEXO 4.19 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN COLEOPTERA

ANEXO 4.19
Distribución
altitudinal
Orden Coleoptera



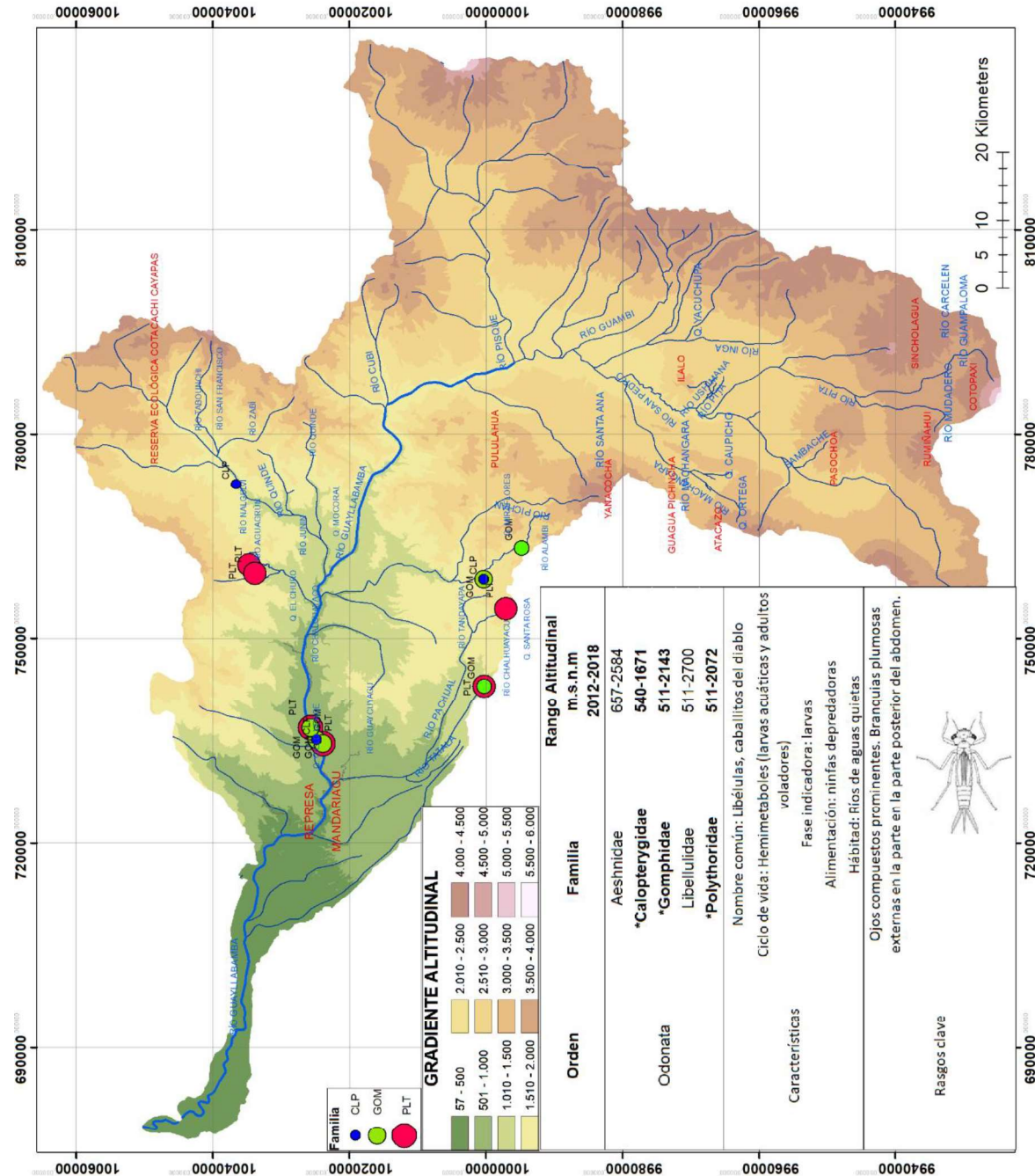
ANEXO 4.20 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN ODONATA

ANEXO 4.20
Distribución
altitudinal
Orden Odonata



ANEXO 4.21 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN ODONATA

ANEXO 4.21 Distribución altitudinal Orden Odonata



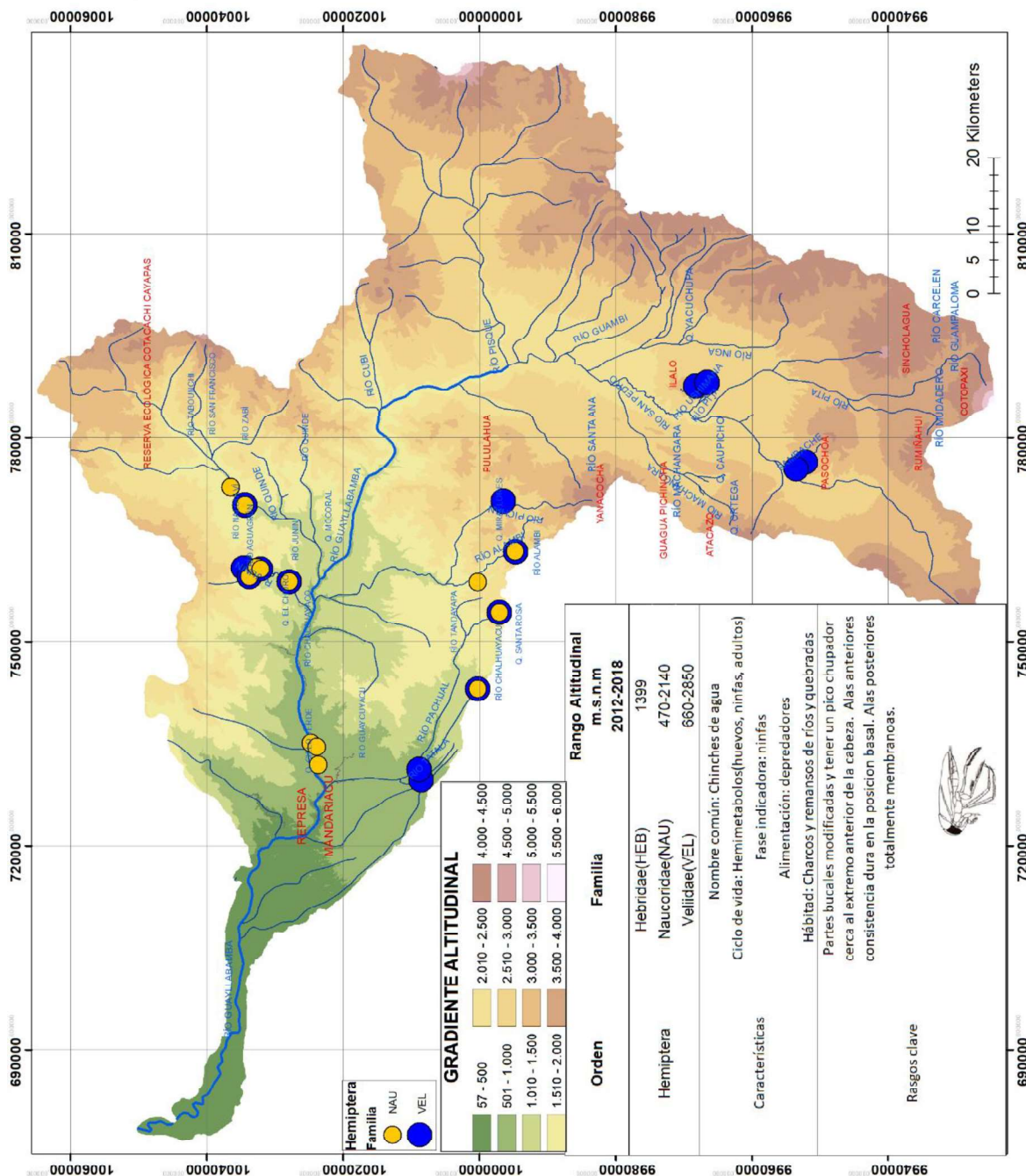
*Calopterygidae

*Gomphidae

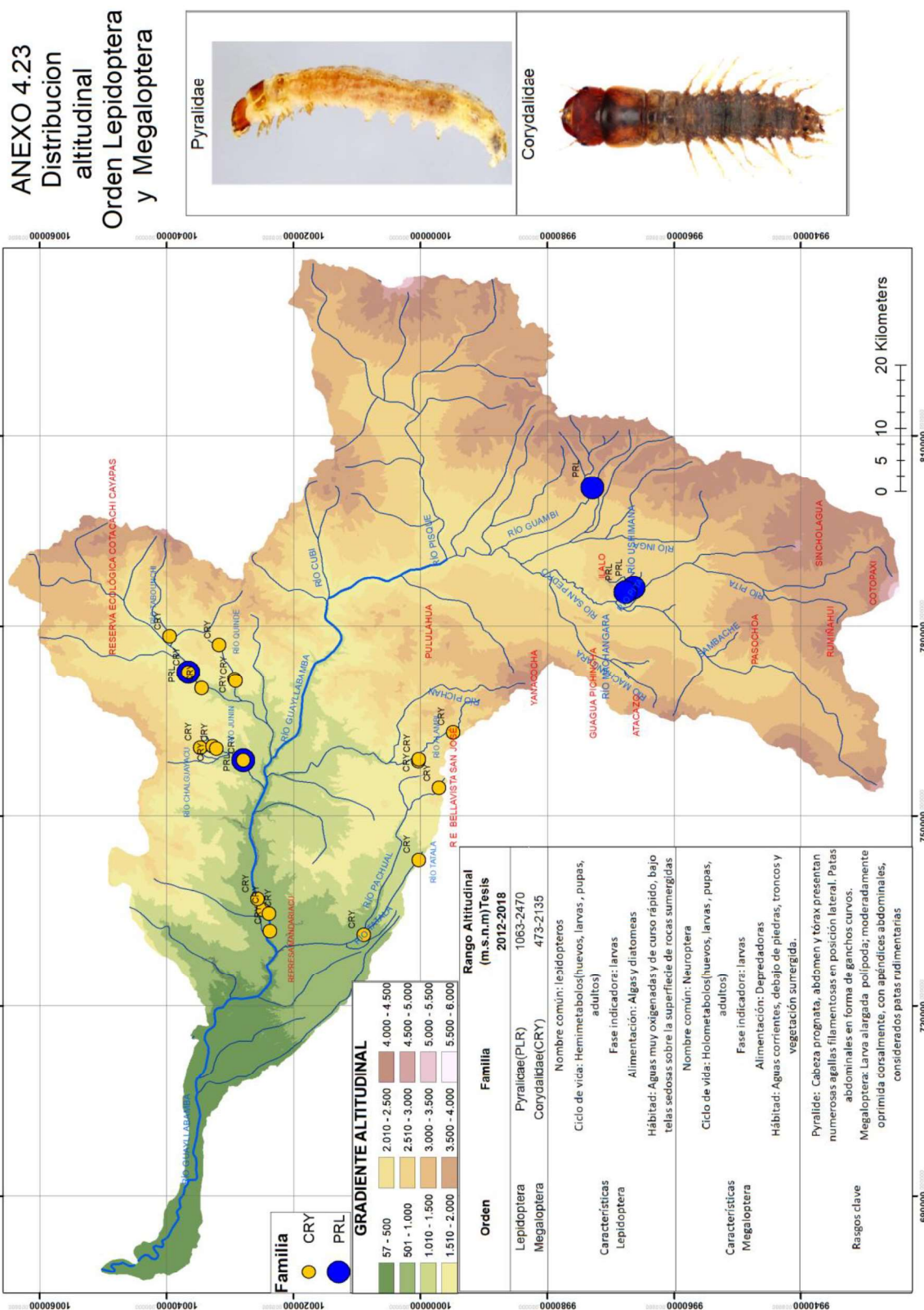
*Polythoridae

ANEXO 4.22 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN HEMIPTERA

ANEXO 4.22
Distribución
altitudinal
Orden Hemiptera

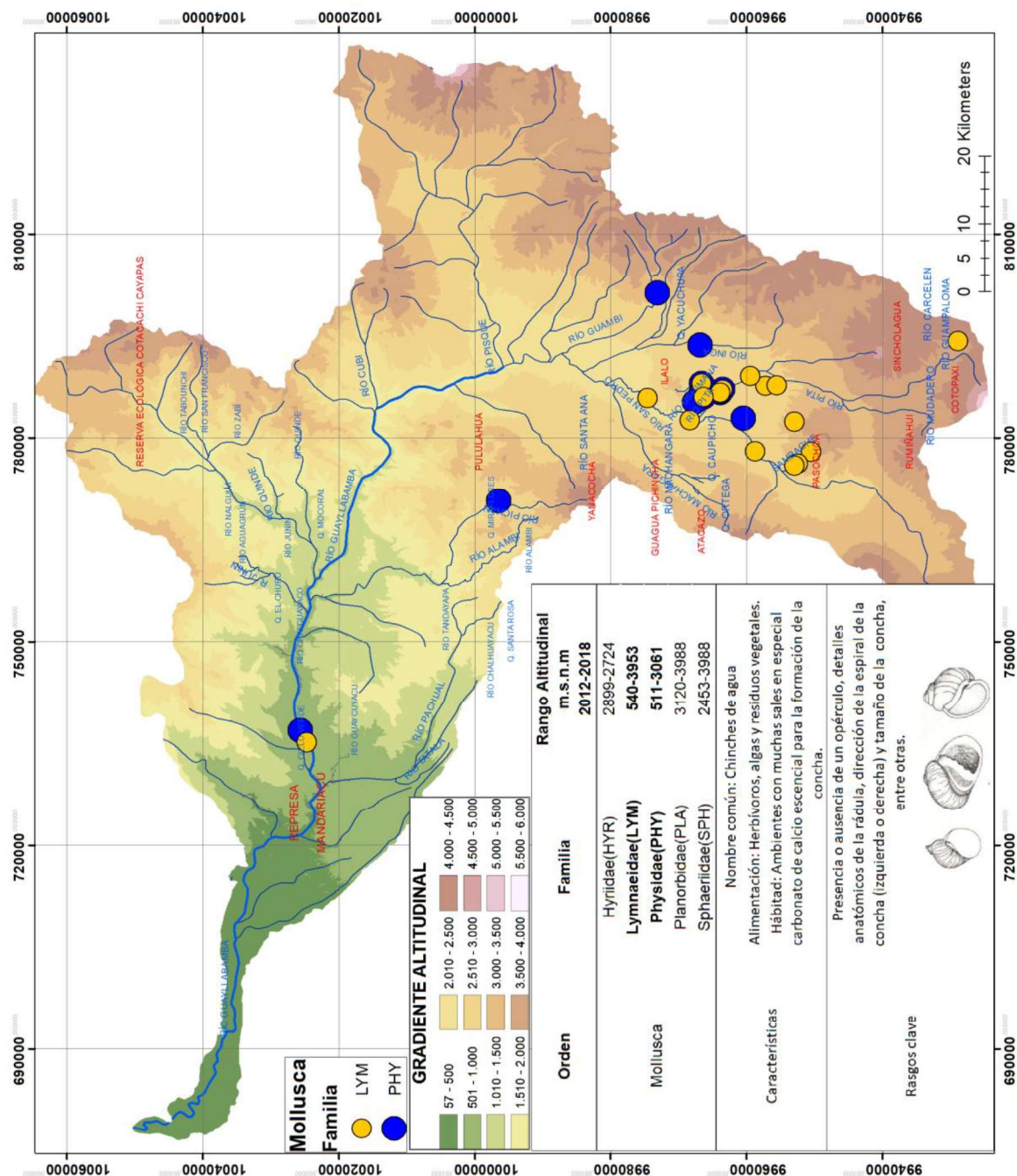
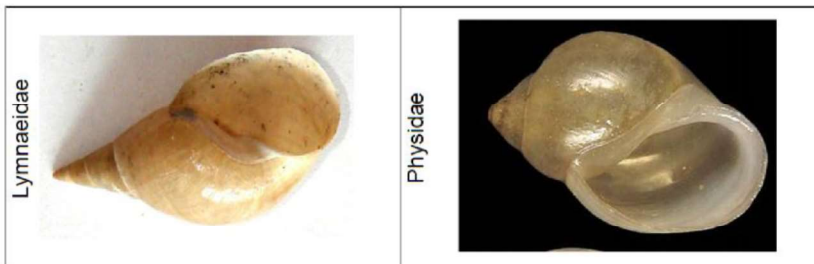


ANEXO 4.23 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN LEPIDOPTERA Y MEGALOPTERA



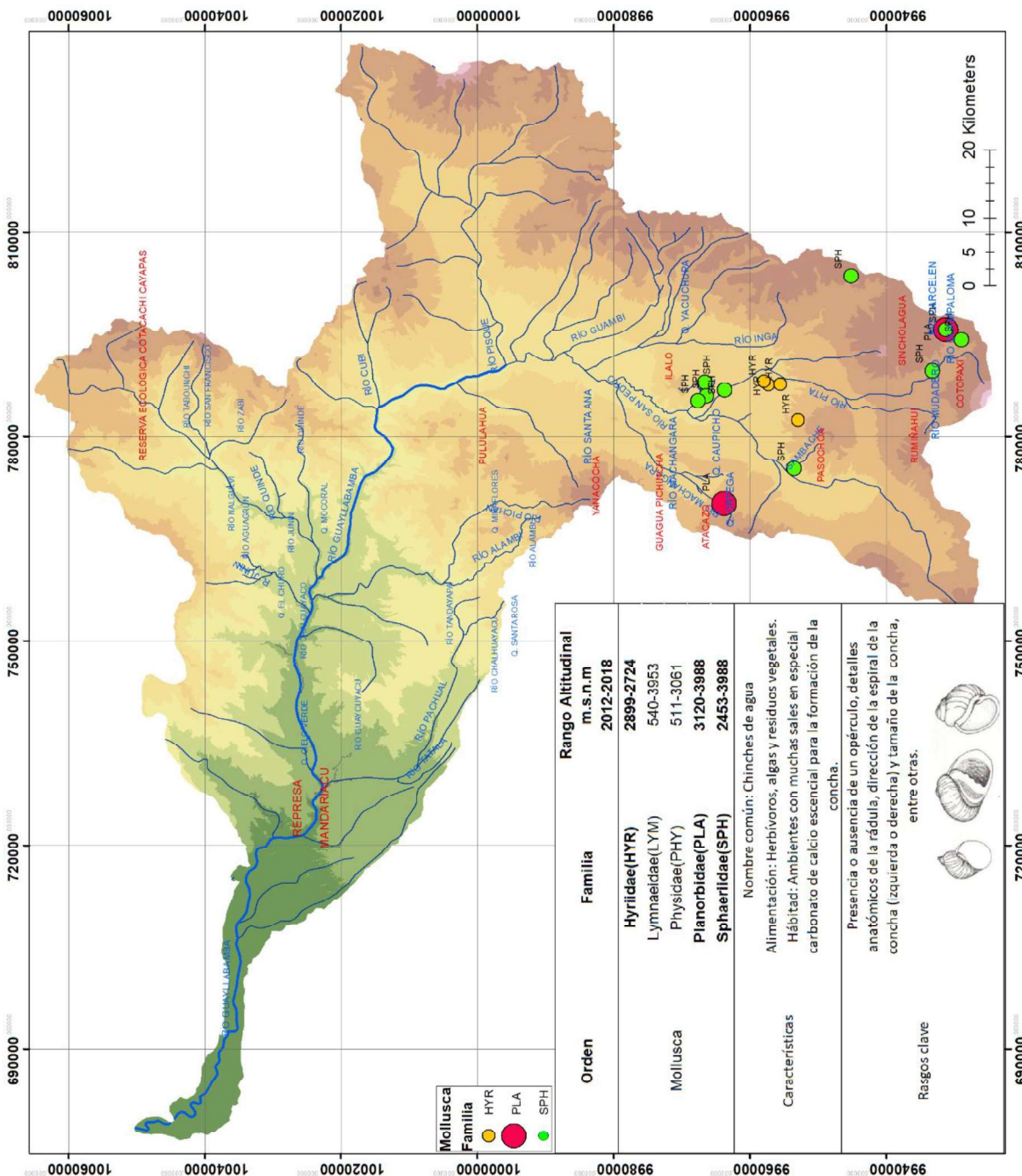
ANEXO 4.24 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO MOLLUSCA

ANEXO 4.24
Distribución
altitudinal
Phylum Mollusca



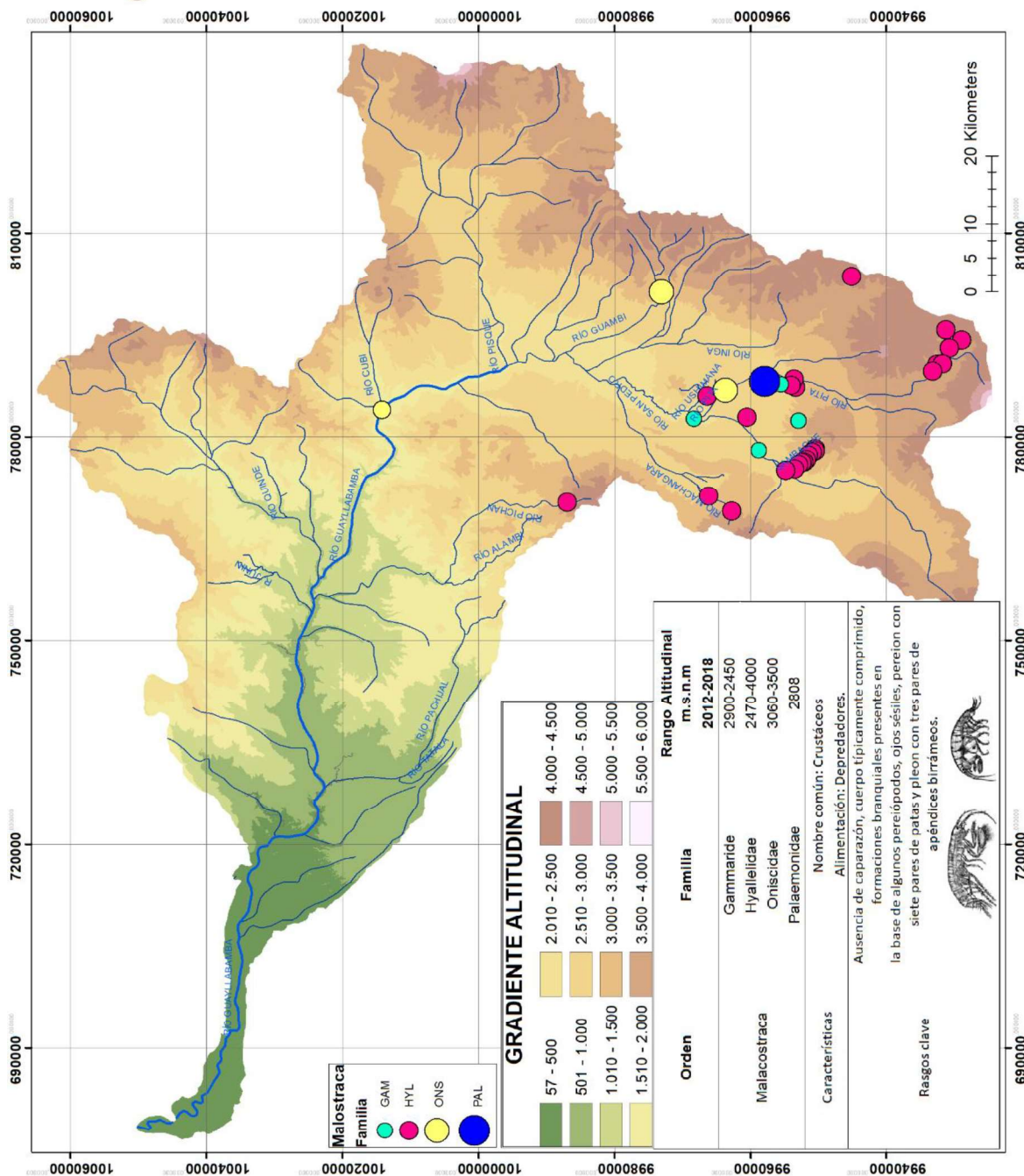
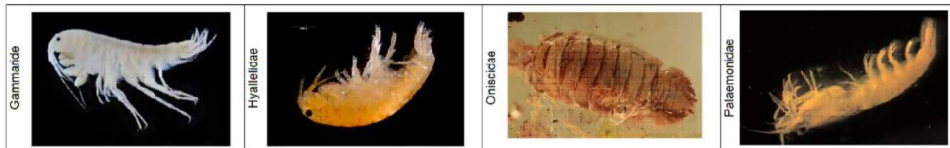
ANEXO 4.25 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO MOLLUSCA

ANEXO 4.25
Distribución
altitudinal
Phylum Mollusca

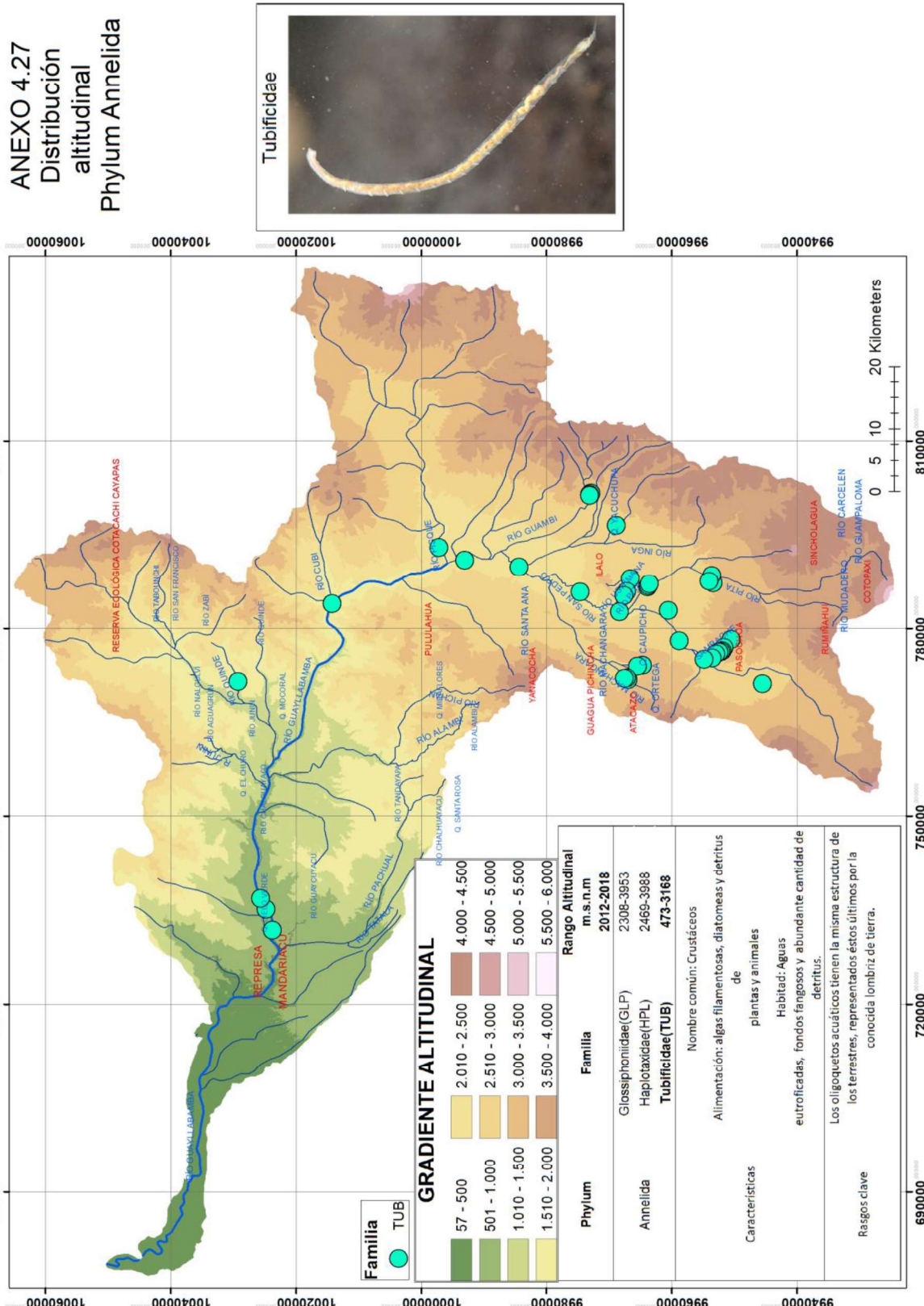


ANEXO 4.26 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE LA CLASE MALACOSTRACA

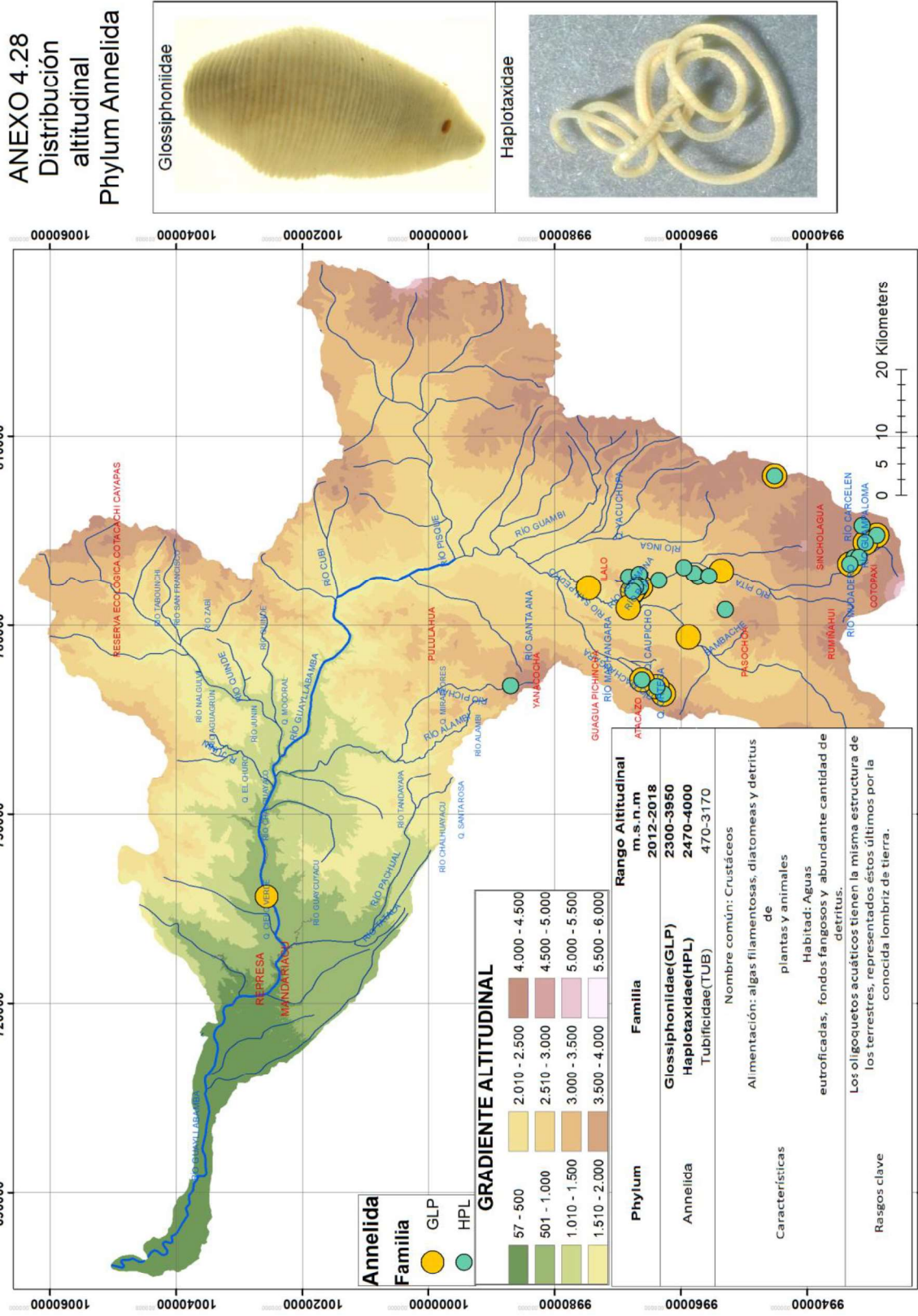
ANEXO 4.26 Distribución altitudinal Clase Malacostraca



ANEXO 4.27 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO ANNELIDA

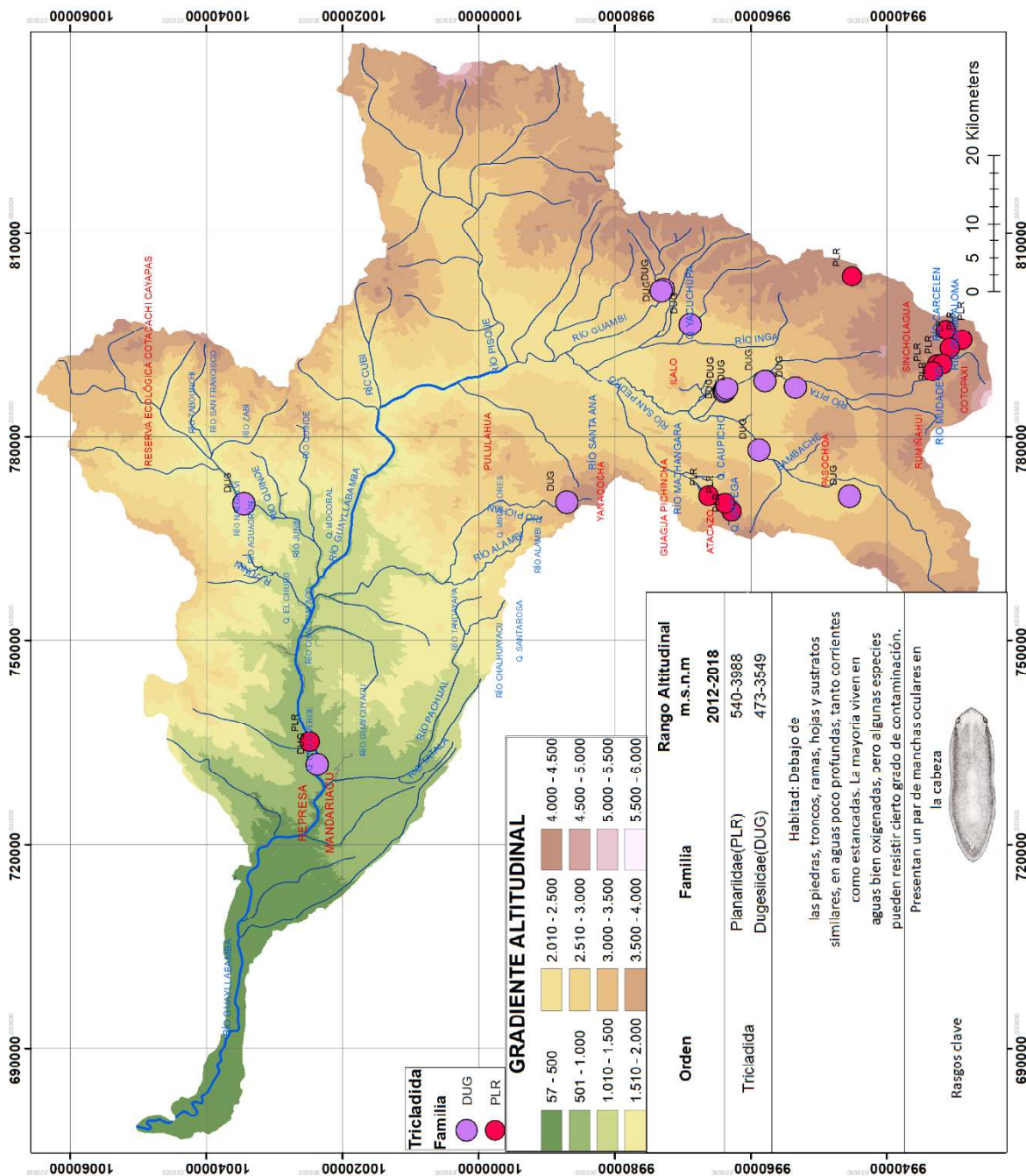
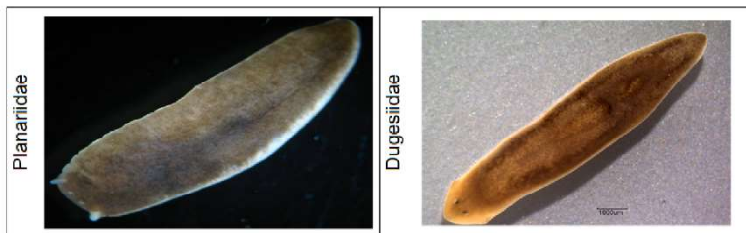


ANEXO 4.28 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL FILO ANNELIDA



ANEXO 4.29 DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL ORDEN TRICLADIDA

ANEXO 4.29
Distribución
altitudinal
Orden Tricladida



ANEXO N° 5

**CALIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD BIOLÓGICA DE LAS FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS MEDIANTE EL ÍNDICE BMWP**

ANEXO 5 PUNTUACIONES DE SENSIBILIDAD DEL BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP) PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Órdenes	Familias	Puntaje
Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera Diptera Odonata Coleoptera	Euthyplociidae, Oligoneuridae Perlidae Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae, Odontoceridae Blepharoceridae Polythoridae Psephenidae, Ptilodactylidae	10
Ephemeroptera Trichoptera Diptera Coleoptera Lepidoptera Odonata	Leptophlebiidae Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae Simuliidae Scirtidae Pyrilidae Gomphidae	9
Ephemeroptera Trichoptera Coleoptera Hemiptera	Baetidae Helicopsychidae, Hydropsychidae, Leptoceridae Dytiscidae Hebridae, Veliidae	8
Ephemeroptera Trichoptera Diptera Hemiptera Odonata Coleoptera Basommatophora	Leptohyphidae, Tricorythidae Polycentropodidae Psychodidae Naucoridae, Mesolveiidae, Corixidae, Notonectidae Aeshnidae Elmidae, Staphylinidae Ancyliidae, Planorbidae	7
Diptera Coleoptera Odonata Hemiptera Tricladida Amphipoda Megalóptera	Dolichopodidae Limnichidae, Lutrochidae Libellulidae Gelastocoridae Planariidae, Dugesiidae Hyalellidae Corydalidae	6
Diptera Coleoptera Basommatophora	Tipulidae, Ceratopogonidae Hydrophilidae, Noteridae, Hydraenidae Sphaeriidae	5
Coleoptera Diptera	Curculionidae Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae	4
Diptera Basommatophora Glossiphoniiformes	Culicidae, Muscidae Physidae Glossiphoniidae	3
Diptera Haplotaxidae	Chironomidae, Ephyridae, Syrphidae Todas las familias (Excepto Tubifex)	2
Haplotaxidae Phy: Annelida	Tubificidae (Tubifex) Cl: Oligochaeta*	1

Fuente: Tabla adaptada de Zamora, 2007; *Ríos et al., 2014

ANEXO N° 6

**CLASIFICACIÓN Y MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS
FUNCIONALES TRÓFICOS (GFTs) DE LAS FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL
GUAYLLABAMBA**

ANEXO 6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS FUNCIONALES TRÓFICOS DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS

Phylum*/Clase**/Orden	Familia	FFG
Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Ft ¹
	Baetidae	CG ^{1,2} /Sc ^{1,2}
	Leptophlebiidae	CG ^{1,2} /Sc ¹
	Leptohyphidae	CG ¹
	Euthyplociidae	CG ¹
Plecoptera	Perlidae	Pr ^{1,2}
	Gripopterygidae	Sc ^{1,2} /Sh ¹ /CG ^{1,2}
Trichoptera	Calamoceratidae	Sh ^{1,2}
	Philopotamidae	Ft ^{1,3}
	Polycentropodidae	Ft/Pr ¹
	Odontoceridae	Sh ^{1,3}
	Xiphocentronidae	CG ¹
	Leptoceridae	Sh ^{1,2} /Ft ¹ /CG ^{1,3}
	Hydroptilidae	Sc ^{1,2}
	Helicopsychidae	Sc ^{1,2}
	Hydropsychidae	Ft ^{1,2,3}
	Hydrobiosidae	Pr ^{1,2}
	Glossosomatidae	Sc ^{1,2}
	Anomalopsychidae	Sc ^{1,2}
	Limnephilidae	Sh ^{1,2}
Diptera	Ceratopogonidae	Pr ^{1,2,3}
	Chironomidae	CG ^{1,2}
	Muscidae	Pr ^{1,2}
	Simuliidae	Ft ^{1,2,3}
	Tabanidae	Pr ¹
	Psychodidae	CG ^{1,2,3}
	Culicidae	Fi/CG ¹
	Tipulidae	Sh ^{1,2} /CG ^{1,2}
	Empididae	Pr ^{1,2,3}
	Dolichopodidae	Pr ¹
	Limoniidae	Pr ²
	Blepharoceridae	Sc ^{1,2}
	Ephydriidae	CG ^{1,2}
	Syrphidae	CG ¹
Coleoptera	Elmidae	CG/Sc ^{1,2}
	Ptilodactylidae	Sh ^{1,3}
	Staphylinidae	Pr ^{1,2}
	Psephenidae	Sc ¹
	Scirtidae	Sc ^{1,2} /CG ¹ /Sh ¹ /Pc ¹
	Hydrophilidae	CG ¹

Continuación

Phylum*/Clase**/Orden	Familia	FFG
Odonata	Aeshnidae	Pr ¹
	Libellulidae	Pr ^{1,3}
	Polythoridae	Pr ¹
	Gomphidae	Pr ^{1,3}
	Calopterygidae	Pr ^{1,3}
Hemiptera	Veliidae	Pr ^{1,3}
	Naucoridae	Pr ^{1,3}
	Hebridae	Pr ¹
Lepidoptera	Pyralidae	CG ³
Megaloptera	Corydalidae	Pr ^{1,3}
Mollusca*	Physidae	Sc ²
	Lymnaeidae	Sc ²
	Planorbidae	Sc ²
	Sphaeriidae	Ft ⁴
Malacostraca**	Hyaellidae	CG/Sh ²
	Gammaridae	CG ⁴
	Palaemonidae	Sc ⁴
Annelida*	Tubificidae	CG ^{2,3}
	Glossiphoniidae	Pr ³
	Haplotaxidae	CG ^{2,3}
Turbellaria**	Dugesiidae	Pr ^{2,3}
	Planariidae	Pr ^{2,3}

Clasificación de Grupos funcionales tróficos (FFG), tomada de diferentes autores como una guía preliminar, ya que la clasificación FFG debe emplearse a nivel género o especie en determinadas familias.

- (1) Ramírez et al., 2014
- (2) Jacobsen et al., 2008
- (3) Jacobsen & Encalada, 1998
- (4) WVDEP, 2010

Pr= Predadores, CG=Colectores Recolectores, Ft=Filtradores, Sc=Raspadores, Sh=Trituradores

ANEXO 6.2 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE GFA EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

