ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRÁULICOS DE LAS ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EXISTENTES EN LOS MICROHÁBITATS DE RÍOS DE PÁRAMO, CASO DE ESTUDIO: RÍO JATUNHUAYCO.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MASTER EN RECURSOS HÍDRICOS

DANNY RAÚL ROJAS VÁSQUEZ

rrojas8430@gmail.com

DIRECTOR: ING. NATHALIA VALENCIA MSc.

nathalia.valencia@epn.edu.ec

Quito, Junio 2018

DECLARACIÓN

Yo, Danny Raúl Rojas Vásquez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he 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 normatividad institucional vigente.

Danny Raúl Rojas Vásquez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Danny Raúl Rojas Vásquez, bajo mi supervisión.

Ing. Nathalia Valencia. MSc.
DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por demostrarme tantas veces su existencia y con ello darme fuerza para superarme cada día.

A mi esposa Magdalena Caiza y a mi hijo Mathias Rojas, por ser mi motivación y mi fuerza para superarme cada día, son mi apoyo incondicional, son mi vida. Los Amo. Este logro también es suyo.

A mis padres: Jaime Rojas y Susana Vásquez, mis grandes maestros en la escuela de la vida, gracias por haber sacrificado tantas cosas sin esperar recompensa alguna, gracias por sus consejos, su apoyo y por confiar en mí.

A mis suegros: Sra. Magdalena Moreno y Sr. Hugo Caiza: Gracias por el apoyo que me han ofrecido, gracias porque de ustedes tuve siempre una palabra de aliento, gracias por motivarme a superarme y buscar nuevas metas.

A mis hermanas Andrea, Ruth y Stefany, mis cuñados, Jorge, Hugo, Wendy por su apoyo incondicional, por su cariño y por haber compartido junto a mí los momentos de alegría y tristeza.

A la Ing. Natalia Valencia por su inmensa ayuda, no solo por ser la directora de este trabajo de investigación, sino por su apoyo y paciencia en el desarrollo de este trabajo, gracias por ser una excelente persona y amiga.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi compañera y amiga *"Mi Esposa",* quien con su compresión, paciencia, e infinito amor me ha enseñado a salir adelante, a mi hijo Mathias por ser mi orgullo y mi inspiración día a día, feliz de verte crecer, gracias por su infinito amor y confianza. LOS AMO!!!

CONTENIDO

DECLARACIÓN i
CERTIFICACIÓN ii
AGRADECIMIENTOS iii
DEDICATORIA iv
CONTENIDO v
ÍNDICE DE TABLAS xvi
ÍNDICE DE FIGURAS xxi
PRESENTACIÓN xxv
RESUMEN xxvii
ABSTRACT xxix
CAPÍTULO 1 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.3 JUSTIFICACIÓN 4
1.4 OBJETIVO GENERAL 5
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
1.6 ALCANCE 6
CAPÍTULO 2 7
MARCO TEÓRICO 7
CAPÍTULO 3 10
METODOLOGÍA 10
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO 10
3.2. ASPECTOS GENERALES 22
3.3. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS 22
3.3.1. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD DE DATOS 23
3.3.2. CORRELACIÓN DE VARIABLES 24
3.3.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) 25

3.4. CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, MUESTREO FISICO QUÍMICO Y VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS, HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 26
3.4.1. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS 26
3.4.2. MUESTREOS FÍSICO QUÍMICOS 34
3.4.3. DATOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS. 36
3.5. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 40
3.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO E ÍNDICE DE SUSTRATO. 40
3.5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 46
3.6. CARACTERIZACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 53
3.6.1. ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) 53
3.6.2. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN (ICO) 54
3.7. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 62
3.7.1. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL Y POLINOMIAL MÚLTIPLE ENTRE LA DENSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 63
3.7.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) 64
3.7.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE ENTRE DENSIDAD DE CADA FAMILIA PREDOMINANTE CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 68
3.8. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICAS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO. 68

3.8.1. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA. 69
3.8.2. CATEGORIZACIÓN DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA..... 70
3.8.3. METODOLOGÍA CORRESPONDIENTE AL DESARROLLO DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICA. 72
3.9. GENERACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO CONCEPTUAL PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 72
3.9.1. GENERALIDADES 72
3.9.2. TIPOS DE MODELOS 73
3.9.3. METODOLOGÍA CORRESPONDIENTE AL DESARROLLO DEL MODELO HIDROLÓGICO CONCEPTUAL. 74
3.9.4. ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 74
3.9.5. CÁLCULO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 83
3.9.6. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS, MEDIOS Y MÍNIMOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO). 84
CAPÍTULO 4 91
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 91
4.1. CARACTERIZACIÓN DE RÍOS DE PÁRAMO..... 91
4.2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA DEL RIO JATUNHUAYCO. 95
4.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO A LO LARGO DEL RIO JATUNHUAYCO. 97
4.4. DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA 105
4.4.1. CAMPAÑA 1 105
4.4.2. CAMPAÑA 2 107
4.4.3. AGUAS ARRIBA 108
4.4.4. AGUAS ABAJO 109

4.4.5. SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....109
4.5. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....111
4.5.1. CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA.....124
4.5.2. DENSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....131
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENTRE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....134
4.7. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICAS PARA LOS MACROINVERTEBRADOS MÁS PREDOMINANTES EN EL RÍO JATUNHUAYCO.....148
4.8. GENERACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 156
CAPÍTULO 5.....162
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....162
5.1. CONCLUSIONES 162
5.2. RECOMENDACIONES.....164
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....165
ANEXO N° 1.....172
FLORA SILVESTRE PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA. 172
ANEXO 1.1. FLORA PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA 173
FLORA SILVESTRE PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA 173
ANEXO N° 2.....180
HOJA DE CAMPO – PROYECTO PIMI 14 -06.....180
ANEXO 2.1. HOJA DE CAMPO 181
ANEXO N° 3.....183
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.....183

ANEXO 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO. 184
ANEXO N° 4.....191
CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA CONTEMPLADA PARA CADA CAMPAÑA, POR CADA PUNTO DE MUESTREO. 191
ANEXO 4.1. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO A. 192
ANEXO 4.2. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO B. 192
ANEXO 4.3. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO C. 193
ANEXO 4.4. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO D. 193
ANEXO 4.5. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO A. 194
ANEXO 4.6. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO B. 194
ANEXO 4.7. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO C. 195
ANEXO 4.8. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO D. 195
ANEXO N° 5.....197
RIQUEZA ESPECÍFICA, CONTEMPLADA POR CADA PUNTO DE MUESTREO PARA CADA CAMPAÑA Y LAS DOS CAMPAÑAS.....197
ANEXO 5.1. RIQUEZA TAXONÓMICA CONTEMPLADA POR CADA PUNTO DE MUESTREO PARA CADA CAMPAÑA Y LAS DOS CAMPAÑAS. 198
ANEXO N° 6.....199

ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA, CONTEMPLADA PARA CADA CAMPAÑA POR CADA PUNTO DE MUESTREO.....199
ANEXO 6.1. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO A.....200
ANEXO 6.2. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO B.....201
ANEXO 6.3. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO C.....202
ANEXO 6.4. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO D.....203
ANEXO 6.5. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO A.....204
ANEXO 6.6. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO B.....205
ANEXO 6.7. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO C.....206
ANEXO 6.8. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO D.....207
ANEXO N° 7.....208
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA. 208
ANEXO 7.1. FAMILIAS MÁS ABUNDANTES CAMPAÑA 1.....209
ANEXO 7.2. FAMILIAS MÁS ABUNDANTES CAMPAÑA 2.....210
ANEXO N° 8.....211
ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FAMILIAS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA. 211
ANEXO 8.1. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA CAMPAÑA 1.....212

ANEXO 8.2. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA CAMPAÑA 2. 213
ANEXO N° 9 215
ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA CADA PUNTO DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA 215
ANEXO 9.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 1 216
ANEXO 9.2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 2 217
ANEXO N° 10 218
ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS DE LAS DENSIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA 218
ANEXO 10.1. BLOXPLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 1 219
ANEXO 10.2. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, CAMPAÑA 1. 219
ANEXO 10.3. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON, CAMPAÑA 1. 220
ANEXO 10.4. BLOXPLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, CAMPAÑA 1. 220
ANEXO 10.5. BLOXPLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 2 221
ANEXO 10.6. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, CAMPAÑA 1. 221
ANEXO 10.7. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON, CAMPAÑA 2. 222
ANEXO 10.8. BLOXPLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, CAMPAÑA 2. 222
ANEXO N° 11 223
PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS PARA LOS PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA. 223

ANEXO 11.1. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO A – CAMPAÑA 1.....224
ANEXO 11.2. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO B – CAMPAÑA 1.....224
ANEXO 11.3. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO C – CAMPAÑA 1.....225
ANEXO 11.4. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO D – CAMPAÑA 1.....225
ANEXO 11.5. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO A – CAMPAÑA 2.....226
ANEXO 11.6. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO B – CAMPAÑA 2.....226
ANEXO 11.7. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO C – CAMPAÑA 2.....227
ANEXO 11.8. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO D – CAMPAÑA 2.....227
ANEXO N° 12.....228
DATOS HIDRÁULICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.....228
ANEXO 12.1. VALORES DE VELOCIDADES POR CADA CAMPAÑA REALIZADA (1 Y 2).....229
ANEXO 12.2. VALORES DE PROFUNDIDADES O CALADOS POR CADA CAMPAÑA REALIZADA (1 Y 2). 229
ANEXO N° 13.....230
ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS HIDRÁULICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO, POR CADA CAMPAÑA. 230
ANEXO 13.1. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE VELOCIDADES CAMPAÑA 1.....231

ANEXO 13.2. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE VELOCIDADES CAMPAÑA 2. 231
ANEXO 13.3. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE PROFUNDIDADES CAMPAÑA 1. 232
ANEXO 13.4. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE PROFUNDIDADES CAMPAÑA 2. 232
ANEXO N° 14 233
DATOS HIDROLÓGICOS PARA LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO 233
ANEXO 14.1. DATOS HIDROLÓGICOS PARA LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO 234
ANEXO N° 15 236
PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS ANDES TROPICALES DISTRIBUIDOS DESDE LOS 2.000 MSNM. 236
ANEXO 15.1. PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS ANDES TROPICALES DISTRIBUIDOS DESDE LOS 2.000 MSNM. 237
ANEXO N° 16 239
CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE INDICADORES ABI. 239
ANEXO 16.1. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE INDICADORES ABI. 240
ANEXO N° 17 241
PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA CADA PUNTO DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA. 241
ANEXO 17.1. ÍNDICE ABI PUNTO A, CAMPAÑA 1. 242
ANEXO 17.2. ÍNDICE ABI PUNTO B, CAMPAÑA 1. 242
ANEXO 17.3. ÍNDICE ABI PUNTO C, CAMPAÑA 1. 242

ANEXO 17.4. ÍNDICE ABI PUNTO D, CAMPAÑA 1. 243
ANEXO 17.5. ÍNDICE ABI PUNTO A, CAMPAÑA 2. 243
ANEXO 17.6. ÍNDICE ABI PUNTO B, CAMPAÑA 2. 244
ANEXO 17.7. ÍNDICE ABI PUNTO C, CAMPAÑA 2. 244
ANEXO 17.8. ÍNDICE ABI PUNTO D, CAMPAÑA 2. 245
ANEXO N° 18.....246
ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN GENERADOS POR CADA CAMPAÑA REALIZADA, AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y PARA LA SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....246
ANEXO 18.1. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN, CAMPAÑA 1. 247
ANEXO N° 19.....248
SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS RELEVANTES PARA LA ZONA DE ESTUDIO 248
ANEXO 19.1. SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS RELEVANTES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 249
ANEXO N° 20.....250
ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL Y CURVAS DE DOBLE MASA PARA EL RELLENO DE LA SERIE DE DATOS DE PRECIPITACIONES EN LAS DIFERENTES ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO. 250
ANEXO 20.1. RESUMEN DE ECUACIONES UTILIZADAS PARA EL RELLENO Y VALIDACIÓN DE LAS SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES, DE LAS DIFERENTES ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS. 251
ANEXO N° 21.....253
ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON LAS SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES RELLANADAS.....253

ANEXO 21.1. SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES RELLENADAS PARA LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO. 254
ANEXO N° 22.....264
ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON LAS SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS RELLANADAS.....264
ANEXO 22.1. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PAPALLACTA 265
ANEXO 22.2. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA IZOBAMBA 268
ANEXO 22.3. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA TUMBACO.....271
ANEXO 22.4. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA TOLA.....274
ANEXO N° 23.....277
LISTADO DE ECUACIONES CARACTERÍSTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 277
ANEXO 23.1. LISTADO DE ECUACIONES CARACTERÍSTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.....278

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 13
TABLA 3.2 FAUNA EXISTENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 16
TABLA 3.3 GEORREFERENCIACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. 20
TABLA 3.4 TEMPORALIDAD DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO 21
TABLA 3.5 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS MACROINVERTEBRADOS. 27
TABLA 3.6 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS 28
TABLA 3.7 CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA, CONFORME A NORMATIVA ACTUAL VIGENTE. 34
TABLA 3.8 PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS, EMPLEADOS PARA EL SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA. 35
TABLA 3.9 TIPOS DE TAMICES UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. 42
TABLA 3.10 CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON BASE A LA CURVA GRANULOMÉTRICA UTILIZADA EN DIFERENTES PAÍSES. 45
TABLA 3.11 ESCALA GRANULOMÉTRICA CON BASE A LA CURVA GRANULOMÉTRICA. 45
TABLA 3.12 PESO DE MUESTRA ÚTIL SECA, PUNTO A_1 48
TABLA 3.13 RESULTADO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PUNTO A_1. 49
TABLA 3.14 DETERMINACIÓN COMPOSICIÓN DE SUSTRATO POR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PUNTO A_1. 49

TABLA 3.15 CATEGORIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN 61
TABLA 3.16 DATOS RELLENADOS PARA LA ESTACIÓN LA MICA A TRAVÉS DE LA PPÁRAMO. 78
TABLA 4.1 TIPOS DE ECOSISTEMAS DE PÁRAMO DEL ECUADOR 92
TABLA 4.2 DATOS GENERALES DE LOS RÍOS DE PÁRAMO DEL ECUADOR 94
TABLA 4.3 DATOS GENERALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 95
TABLA 4.4 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO A. 97
TABLA 4.5 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO B. 97
TABLA 4.6 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO C. 98
TABLA 4.7 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO D. 99
TABLA 4.8 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 105
TABLA 4.9 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 110
TABLA 4.10 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 110
TABLA 4.11 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA – AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO. 111
TABLA 4.12 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA – AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO. 112
TABLA 4.13 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO). 113
TABLA 4.14 RIQUEZA TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO). 113
TABLA 4.15 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO. 115

TABLA 4.16 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO. 116
TABLA 4.17 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – SUPERFICIE DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO). 117
TABLA 4.18 FAMILIAS PREDOMINANTES AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO.....118
TABLA 4.19 DENSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO. 119
TABLA 4.20 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO. 125
TABLA 4.21 ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 134
TABLA 4.22 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 136
TABLA 4.23 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 136
TABLA 4.24 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 137
TABLA 4.25 MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 137
TABLA 4.26 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 138

TABLA 4.27 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE. 138
TABLA 4.28 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 139
TABLA 4.29 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE. 139
TABLA 4.30 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 140
TABLA 4.31 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 140
TABLA 4.32 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 141
TABLA 4.33 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 141
TABLA 4.34 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 142

TABLA 4.35 MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 142
TABLA 4.36 CONTRIBUCIÓN DE VARIABLES (%) DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS. 145
TABLA 4.37 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. 146
TABLA 4.38 FAMILIAS, ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS PREDOMINANTES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICA. 146
TABLA 4.39 CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 157
TABLA 4.40 PRECIPITACIONES MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO). 159
TABLA 4.41 TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO). 161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA SIERRA ALTA, SECTOR EXTREMO CENTRO OCCIDENTAL, INGRESO A LA LAGUNA DE LA MICA. 12
FIGURA 3.2 ONDULACIONES DEL PÁRAMO O SIERRA ALTA (HDA. ANTISANA), SECTOR CENTRAL. 12
FIGURA 3.3 RELIEVES IRREGULARES DE LA SIERRA ALTA..... 12
FIGURA 3.4 COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 14
FIGURA 3.5 FLORA PRESENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 15
FIGURA 3.6 UBICACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO 18
FIGURA 3.7 CONDICIONES DE BORDE DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 41
FIGURA 3.8 CURVA GRANULOMÉTRICA LOG-NORMAL (DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE PARTÍCULAS. 43
FIGURA 3.9 CURVA DE DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS, PUNTO A_1. 50
FIGURA 3.10 MAPA DE TEXTURA DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 51
FIGURA 3.11 TIPO DE TEXTURA DE SUELO PRESENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO. 52
FIGURA 3.12 SERIE DE TAMICES ASTM UTILIZADOS PARA ENSAYO GRANULOMÉTRICO. 52
FIGURA 3.13 TAMIZADO DE MUESTRA DE SUELO 52
FIGURA 3.14 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA CONDUCTIVIDAD 56
FIGURA 3.15 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA DUREZA..... 56
FIGURA 3.16 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA ALCALINIDAD 57

FIGURA 3.17 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. 58
FIGURA 3.18 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LOS COLIFORMES TOTALES. 59
FIGURA 3.19 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA PORCENTAJE DE OXÍGENO DISUELTO SATURADO. 59
FIGURA 3.20 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA SÓLIDOS SUSPENDIDOS 60
FIGURA 3.21 CIRCULO DE CORRELACIONES 67
FIGURA 3.22 TABLA DE COSENOS AL CUADRADO 67
FIGURA 3.23 TRAZADO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO (INCLUYE PENDIENTES). 76
FIGURA 3.24 REGRESIÓN LINEAL ENERO P5-PP 78
FIGURA 3.25 CURVA DE DOBLE MASA O ACUMULADA MES DE ENERO P5-PP. 80
FIGURA 3.26 POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO CON BASE A LA UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS. 82
FIGURA 3.27 DIAGRAMA DE FLUJO DESARROLLO DEL MODELO DE CAUDAL BASE DE MANTENIMIENTO. 85
FIGURA 3.28 DIAGRAMA DE FLUJO MÉTODO DE TESSMAN 87
FIGURA 3.29 ESCALAS DE CAUDALES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS A PARTIR DE LA CURVA DE DURACIÓN GENERAL. 89
FIGURA 4.1 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO PUNTOS A, B, C Y D. 99
FIGURA 4.2 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO. 100
FIGURA 4.3 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO. 101

FIGURA 4.4 BLOX PLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA: AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO. 120
FIGURA 4.5 BLOX PLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO. 122
FIGURA 4.6 BLOX PLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO. 122
FIGURA 4.7 BLOX PLOTS ÍNDICES DE DOMINANCIA DE SIMPSON, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO. 123
FIGURA 4.8 BLOX PLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO. 123
FIGURA 4.9 DISTRIBUCIÓN DE LA CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO. 125
FIGURA 4.10 PORCENTAJE DE INFLUENCIA DE CADA VARIABLE ANALIZADA. 144
FIGURA 4.11 CÍRCULO DE CORRELACIONES COMPARATIVO ENTRE LAS VARIABLES HIDRÁULICAS Y LA ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES. 144
FIGURA 4.12 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HYALLELLIDAE. 148
FIGURA 4.13 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA PTILODACTYLIDAE. 149
FIGURA 4.14 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HYDROPTILIDAE. 149
FIGURA 4.15 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HAPLOTAXIDAE. 150
FIGURA 4.16 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HAPLOTAXIDAE. 150
FIGURA 4.17 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA GLOSSOMATIDAE. 151

FIGURA 4.18 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA ELMIDAE.....152
FIGURA 4.19 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA PLANARIIDAE.....152
FIGURA 4.20 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA CHIRONOMIDAE. 153
FIGURA 4.21 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA CHIRONOMIDAE. 153
FIGURA 4.22 RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 158
FIGURA 4.23 RÉGIMEN DE TEMPERATURAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO. 160

PRESENTACIÓN

El estudio realizado para la presente investigación se divide en dos etapas: la primera pertenece a la determinación de curvas de preferencia hidráulicas de especies de macroinvertebrados características para ríos de páramo, a través del desarrollo de las mismas para el río Jatunhuayco como un caso de estudio debido a sus similares condiciones climatológicas.

La segunda etapa comprende el desarrollo de un modelo hidrológico conceptual a través del desarrollo de metodologías empíricas y semiempíricas que permitan identificar regímenes de caudales (ecológicos, máximos, medios y mínimos), temperaturas (máximas, medias y mínimas) y precipitaciones (máximas, medias y mínimas) para la microcuenca del río Jatunhuayco.

El trabajo inicia con una descripción general de los ríos de páramo así como de la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuyaco), con base a la recopilación de información existente y generada por parte del proyecto de investigación de la FICA – EPN, la cual incluye identificación de macroinvertebrados de acuerdo a la familia taxonómica a la que pertenece, resultados y análisis de los parámetros físico – químicos, además de variables hidráulicas como profundidad y velocidad, aforados in situ, además del muestreo de la composición de sustrato desarrollado la zona de estudio.

Como segunda parte considera la elaboración del marco teórico conceptual necesario para la determinación de las curvas de preferencia hidráulicas y el modelo hidrológico conceptual planteado, considerando parámetros fundamentales como: normalización de datos, análisis de componentes principales, determinación de índices de diversidad de especies (Shannon, Simpson, Margalef), análisis de regresión lineal y polinomial múltiple, análisis multivariado de datos (análisis de componentes principales), índice biótico ambiental (ABI), índices de contaminación (ICOMO, ICOSUS, ICOMI), Polígonos de Thiessen, Curva de Doble masa, Método del Caudal Base, Tessman y Curva de Duración General , además de medidas estadísticas necesarias a determinar.

Como tercera parte contempla el procesamiento, presentación y análisis de los resultados de índices de contaminación, índice biótico andino, temperaturas, precipitaciones, caudales característicos, índices de diversidad de especies, análisis estadístico de los índices de diversidad de especies de las familias predominantes con las preferencias hidráulicas, análisis multivariado de redundancia, curvas de preferencia hidráulicas, para la microcuenca del río Jatunhuayco.

Finalmente se realizan las conclusiones y recomendaciones sobre el desarrollo de las curvas de preferencia hidráulicas, la calidad del agua y el modelo hidrológico conceptual generado.

RESUMEN

La presente investigación responde al trabajo de titulación de cuarto nivel de la maestría en Gestión de Recursos Hídricos de la Escuela Politécnica Nacional. El trabajo *"El estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en los microhábitats de ríos de páramo"*, tiene como objetivo determinar la influencia de los factores hidrometeorológicos e hidráulicos en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Jatunhuayco.

El área de estudio corresponde al río Jatunhuayco ubicado en la cuenca del río Antisana, provincia de Pichincha, cantón Quito, en las coordenadas UTM WGS84 de 9'945.008,11 N; 807.755,47 E y altitud media de 4.135 msnm, con un área de 40,94 km^2. Las precipitaciones promedio anuales oscilan entre 24, 62 y 117,34 mm, observándose la mayor precipitación promedio anual, de una serie de datos continuos de 13 años, en el mes de junio y la mínima en el mes de enero. La temperatura ambiental promedio oscila entre 4,67, 9,15 y 11,17 °C, registrándose la mayor temperatura promedio anual en el mes de octubre y la mínima en el mes de julio. El caudal máximo promedio anual fue de 0,36 m^3/s, medio promedio anual de 0,25 m^3/s, mínimo promedio anual de 0,15 m^3/s, y el ecológico entre 0,031 – 0,166 m^3/s.

En el río Jatunhuayco se seleccionaron 4 puntos de muestreo, 2 aguas abajo y 2 aguas arriba, de la zona aledaña a la obra de captación hidráulica Jatunhuayco, los parámetros muestreados fueron: caudal, profundidad, composición de sustrato. Los datos de obtenidos in situ fueron correlacionados estadísticamente con resultados de abundancia de macroinvertebrados.

A partir del análisis estadístico entre las densidades de las especies de macroinvertebrados bentónicos y las preferencias hidráulicas, se identificó las siguientes familias predominantes: Chironomidae, Hyallellidae, Planariidae, Elmidae, Glossosomatidae, Haplotaxidae, Ptilodactylidae, Hydroptilidae e Hydrobiosidae, con coeficientes de correlación comprendidos entre 0,12 y 0,51. El mayor coeficiente de correlación fue entre el índice de sustrato y el índice de diversidad de Shannon – Witner para la familia Planariidae.

Con respecto a la normalización de las curvas de preferencia hidráulicas predominantes, el cálculo matemático de los coeficientes de idoneidad de hábitat osciló entre 0,2 y 0,45, siendo las curvas de preferencias hidráulicas más representativas las de las familias Chironomidae, Hyallellidae y Glossosomatidae, para los cuatro puntos de muestreo.

Del análisis de los resultados de este estudio se concluye que las curvas de preferencia hidráulicas son para pisos altitudinales comprendidos entre los 4.100 a 4.500 msnm.

El sustrato cambia en su composición a medida que se acerca a la obra de captación y después de ésta, es decir de un sustrato más homogéneo cambia a uno más heterogéneo, compuesto de arena, grava fina y gruesa, bloques y cantos rodados.

Las familias de macroinvertebrados más abundantes existentes en los 4 puntos de muestreo son Chironomidae y Hyallellidae, sin embargo el mayor valor de correlación se establece entre la familia Planariidae e índice de sustrato (4 – 4,90), característicos de sustratos granulares finos.

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las familias de macroinvertebos para los cuatro puntos de muestreo, se contempla un índice biótico Andino (ABI), comprendido entre 64 y 85 (aguas ligeramente contaminadas), de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, mientras que el análisis de calidad del agua a través del uso de los parámetros físico – químicos, por medio de los índices de contaminación (ICO), se puede evidenciar que la mayor contaminación existe por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI = 0,94), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua mala, ICOMO = 0,52) y con una ligera presencia de sólidos suspendidos (calidad de agua buena, ICOSUS = 0,27), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de los índices de contaminación (0 – 1).

ABSTRACT

The present investigation responds to the fourth level degree work of the Master in Water Resources Management of the National Polytechnic School. The work *"The study of the hydraulic requirements of the species of benthic macroinvertebrates existing in the microhabitats of rivers of paramo"*, has as objective to determine the influence of hydrometeorological and hydraulic factors in the diversity of benthic macroinvertebrates of the Jatunhuayco river.

The study area corresponds to the Jatunhuayco River located in the basin of the Antisana River, Pichincha province, canton Quito, in the UTM coordinates WGS84 of 9'945.008,11 N; 807,755.47 E and average altitude of 4.135 meters above sea level, with an area of 40,94 km2. The average annual rainfall ranges between 24, 82 and 117,34 mm, with the highest annual average precipitation, of a series of continuous data of 13 years, in the month of June and the minimum in the month of January. The average environmental temperature oscillates between 4.67 and 11,17 °C, registering the highest average annual temperature in the month of October and the minimum in the month of July. The average annual maximum flow was 0,36 m^3/s, average annual average of 0,25 m^3/s, minimum annual average of 0,15 m^3/s, and the ecological between 0,031 – 0,166 m^3/s.

In the Jatunhuayco River (2017), 4 sampling points were selected, 2 downstream and 2 upstream, from the area adjacent to the Jatunhuayco hydraulic collection work, and the parameters sampled were: flow, depth, substrate composition. The data obtained in situ were correlated statistically with results of abundance of macroinvertebrates.

From the statistical analysis between densities of benthic macroinvertebrate species and hydraulic preferences, the following predominant families were identified: Chironomidae, Hyallellidae, Elmidae, Limnephilidae, Glossosomatidae, Haplotaxidae, Ptilodactylidae, Hydroptilidae and Hydrobiosidae, with correlation coefficients between 0,14 and 0,51. The highest correlation coefficient was between the substrate index and the Shannon - Witner diversity index for the Planariidae family.

Regarding the normalization of the predominant hydraulic preference curves, the mathematical calculation of habitat suitability coefficients ranged between 0,2 and 0,45, with the hydraulic preference curves being more representative those of the families Chironomidae, Hyallellidae and Glossosomatidae, for the four sampling points.

From the analysis of the results of this study it is concluded that the hydraulic preference curves are for altitudinal floors between 4.100 and 4.500 meters above sea level.

The substrate changes in its composition as it approaches the collection work and after it, that is, a more homogeneous substrate changes to a more heterogeneous one, composed of sand, fine and coarse gravel, blocks and boulders.

The most abundant macroinvertebrate families existing in the 4 sampling points are Chironomidae and Hyallellidae, however the highest correlation value is established between the Planariidae family and substrate index (4 – 4,90), characteristic of fine granular substrates.

Regarding the analysis of water quality, according to the taxonomy of macroinvertebrate families for the four sampling points, an Andean biotic index (ABI), between 64 and 85 (slightly contaminated waters), is contemplated. according to the evaluation criteria of ecological status, while the analysis of water quality through the use of physical - chemical parameters, through pollution indices (ICO), it can be shown that the greatest contamination exists by presence of minerals (bad water quality, ICOMI = 0,94), followed by the presence of organic matter (bad water quality, ICOMO = 0,52) and with a slight presence of suspended solids (good water quality, ICOSUS = 0,27), according to the qualification parameters established in the categorization of pollution indices (0 - 1).

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Ecuador debido a su ubicación geográfica posee gran variedad de ecosistemas, uno de ellos son los ecosistemas de páramo, mismos que son de gran importancia dentro de los sistemas de abastecimiento de agua de la Sierra Ecuatoriana, pero sin embargo, poseen una poca protección en su manejo integral.

Los páramos acompañan las cabeceras y nacimientos de los ríos, mismos que presentan la mayoría de las propiedades estructurales y funcionales de los ecosistemas lóticos de mayor orden. Abarcan un área aproximada de 1’250.000 ha, correspondiente a un 6% del territorio nacional, y se caracterizan por localizarse en altitudes sobre los 2.500 msnm, con una gran capacidad de captar y almacenar agua y climatológicamente con pluviosidades frecuentes y bajas temperaturas. Además, presentan hábitats únicos en biodiversidad y endemismo, siendo parte de este ecosistema las comunidades de macroinvertabrados bentónicos. (Castellanos & Serrato, 2008; Mena & Hosstede, 2006).

Entre las comunidades que habitan este tipo de ecosistemas se encuentran los macroinvertebrados bentónicos acuáticos como una gran parte de la diversidad biológica existente. A través del estudio de las diferentes actividades biológicas, taxonomía y distribución se generará información que permita entender la ecología y su papel en los ecosistemas de páramo (Castellanos & Serrato, 2008).

El poco conocimiento en el país sobre la influencia que los macroinvertebrados bentónicos ejercen sobre los ecosistemas acuáticos, se debe principalmente a la poca información relacionada a índices biológicos locales y taxonomía de las comunidades propias de nuestra zona, la cual ha generado un poca evaluación y monitoreo de la situación actual de las condiciones de los ríos y arroyos existentes en los páramos del país (Ayora, 2016).

De igual manera, el régimen de caudal ambiental presenta limitaciones y deficiencias en su estimación debido a la poca información de las diferentes variables tanto físicas como bilógicas, siendo sin embargo una herramienta primordial para lograr brindar protección a los diferentes ecosistemas acuáticos incluyendo ríos, y los procesos que se desarrollan en el mismo. Existen varias metodologías empleadas para su estimación, unas mediante datos hidrológicos o a su vez datos hidráulicos, sin embargo existen metodologías más elaboradas que a más de los datos mencionados anteriormente requieren de información adicional como la biológica y socio-económica. Una de las metodologías que cumplen con los requerimientos señalados es la *"Modelación de Hábitat Fluvial"*, sin embargo para poder implementarla se requiere de información ecológica de las especies, actualmente no muy frecuente (Diez - Hernández & Burbano, 2007).

Teniendo en cuenta la necesidad mencionada, se tiene como objetivo en el presente estudio, crear una base de información que pueda ser empleada para la estimación de regímenes de caudales ambientales bajo las metodologías de modelación de hábitat fluvial característicos de ríos de páramo, a través de la generación de curvas de preferencia hidráulicas, que permitan establecer una relación entre la densidad de macroinvertebrados bentónicos y parámetros hidráulicos fundamentales como: velocidad, profundidad y composición del sustrato para cada microhábitat (Tharme, 2003), acompañado de un modelo hidrológico conceptual generado a partir de información existente que permita analizar la variación hidrometeorológica presente en la zona de estudio y caudales característicos, a partir de series de datos continuos medios mensuales, por medio de la estimación de precipitaciones y temperaturas máximas, medias y mínimas; a través de métodos empíricos y el uso de herramientas estadísticas.

Actualmente en el país existen pocos avances en la generación de este tipo de información para ecosistemas de ríos de páramo, que permitan entender su funcionamiento con base a la hidráulica y con ello generar insumos que contribuyan a una gestión integral de los ríos de páramo (López, 2016). Tomando en consideración la amplia cobertura y complejidad que estos poseen, se ha

considerado como caso de estudio el sector del río Jatunhuayco, ubicado en la Cuenca del Antisana, cantón Quito.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tomando en cuenta el crecimiento de la población mundial, incrementa la demanda de agua para el desarrollo de las diferentes actividades humanas, teniendo como ejemplo que durante el siglo XX, donde la población global aumentó cuatro veces alcanzando más de seis billones de habitantes, demandando una cantidad de agua ocho veces mayor durante el mismo periodo, el poder suplir esta necesidad ha generado alteraciones en los ecosistemas acuáticos, principalmente por el impacto sobre la integridad ecológica de los ecosistemas, en especial sobre las fuentes de agua superficiales. Se estima actualmente que una mitad de la superficie de aguas accesibles del planeta han sido apoderadas por parte de los seres humanos, a través de un incremento del 70% para el año 2025 (Tharme, 2003).

En lo referente a la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, el 60% de los ríos en el mundo están fragmentados por alteraciones hidrológicas, con un 46% de las 106 cuencas principales alteradas por emplazamientos de represas, como una de las alteraciones hidrológicas más relevante (Tharme, 2003). Resultado de este manejo del recurso hídrico en los ríos, con las políticas de desarrollo existentes, actualmente se tiene consecuencias graves como: extinción de especies, agotamiento de recursos pesqueros, disminución en calidad y recurso hídrico disponible en las fuentes de aguas superficiales, subsuperficiales y subterráneas e inundaciones más frecuentes e intensas, sin contar en su gran mayoría con la incorporación de un régimen de caudal ambiental que sirva como herramienta necesaria y determinante para garantizar un manejo óptimo e integral del recurso hídrico que incluya a los organismos y procesos biológicos asociados a los requerimientos hidráulicos de cada uno de ellos (Poff *et al.*,1997).

En los ríos de páramo del Ecuador existe actualmente un deficiente manejo y planificación integral de las diferentes cuencas hidrográficas, ocasionando una

disminución del recurso hídrico, disminución de hábitats en los ecosistemas acuáticos asociado a un deterioro ambiental considerable, siendo necesaria la generación de información sobre los requerimientos hidráulicos para las especies *"macroinvertebrados bentónicos"* existentes en los microhábitats de los ríos de páramo, como insumo para la generación de regímenes de caudales ambientales (FONAG, 2013).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Tomando en consideración la necesidad de adoptar un Plan de Manejo Integral de los Recursos Hídricos (PIRH) a través de modelos de Gestión Integral e Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) que permitan la optimización del recurso hídrico por medio de un manejo racional del flujo de caudal que pasa por los ríos, la que permita definir una magnitud en la cual un régimen de caudales naturales pueda llegar a ser alterado, manteniendo su integralidad o por lo menos niveles aceptables de degradación de los mismos, concepto comúnmente conocido como *"Caudal Ambiental"* (Tharme, 2003), permitiendo proteger organismos y procesos biológicos.

Con base a lo mencionado, se proponen metodologías que permitan interactuar la información biológica con la hidrológica e hidráulica, existiendo dentro de este enfoque metodologías con diferente nivel de complejidad, relacionadas directamente con los recursos financieros y el tiempo que cada una de ellas requiere (Tharme, 2003).

Una de los métodos que cumple con los requerimientos anteriormente mencionados, es la de *"Modelación de hábitat fluvial"*, que tiene como propósito crear información que establezca la correlación existente entre los organismos acuáticos y variables hidráulicas, una de ellas y de vital importancia es la elaboración de curvas de preferencia hidráulicas de especies predominantes en ríos de páramo (Diez-Hernández, 2006).

Se ha seleccionado el sector del río Jatunhuayco ubicado en la Cuenca del Antisana, provincia de Pichincha, cantón Quito, debido a que esta cuenca presenta

condiciones hidráulicas, hidrológicas, meteorológicas, topográficas y biológicas similares a las zonas de páramo debido a su ubicación, mismas que permitirán generar e identificar correlaciones entre parámetros de la comunidad de macro invertebrados bentónicos y parámetros hidráulicos fundamentales (velocidad, profundidad y composición del sustrato) a través de elaboración de curvas de preferencia hidráulicas características para zonas de ríos de páramo.

Los resultados obtenidos permitirán a las entidades gubernamentales pertinentes y las poblaciones involucradas, a través de las curvas de preferencia hidráulicas elaboradas, generar posteriormente regímenes ambientales característicos para ríos de páramo, tomando en cuenta que actualmente se han desarrollado curvas de preferencia hidráulicas únicamente para zonas templadas.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de los factores hidrometeorológicos e hidráulicos en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos para la microcuenca del río Jatunhuayco y ríos de páramo, a través del uso de herramientas estadísticas.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización general de la microcuenca del río Jatunhuayco: parámetros biológicos, parámetros fisicoquímicos, hidrológicos e hidráulicos, para generar una línea base de información de la zona de estudio.
- Caracterizar los ríos de páramo a través de revisión bibliografía existente y disponible, para establecer información base del estudio.
- Determinar la composición de sustrato a lo largo del rio Jatunhuayco, para obtener índices y delimitar las variables hidráulicas necesarias para la generación de curvas de preferencia.
- Determinar índices de calidad del agua a partir de los análisis de resultados de las diferentes variables físico – químicas, tomados a lo largo de rio Jatunhuayco, que permitan estimar los diferentes niveles de contaminación existentes en la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuayco).

- Identificar la densidad de macroinvertebrados bentónicos, por medio del análisis de diversidad de especies para el río Jatunhuayco.
- Realizar un análisis estadístico entre los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros hidráulicos.
- Construir curvas de preferencias hidráulicas para las familias y géneros de macroinvertebrados más predominantes en el río Jatunhuayco.
- Generar un modelo hidrológico conceptual para la microcuenca del río Jatunhuayco, para que las curvas de preferencia hidráulica generadas en el sitio de estudio, sirvan como referencia para microhábitats de ríos de páramo.

1.6 ALCANCE

La presente investigación plantea establecer las características hidráulicas favorables para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados bentónicos predominantes de ríos de páramo, esto se realizará a través de la generación de curvas de preferencia, con el fin de estimar rangos de valores que garanticen su permanencia en el cuerpo de agua, ya que los macroinvertebrados bentónicos presentes en microhábitats de ríos de páramo presentan patrones de preferencia de parámetros hidráulicos que influyen en la calidad y preservación del recurso hídrico. Para el desarrollo de esta investigación se caracterizará los ríos de páramo, la microcuenca del rio Jatunhuayco, determinación de composición de sustrato; esto se analizará a través de información disponible y levantamiento en campo.

Con esta información se determinará los índices de calidad del agua y la densidad de macroinvertebrados bentónicos que ayudará a realizar un análisis estadístico entre los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros hidráulicos, y así finalmente construir curvas de preferencia hidráulicas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Entendiéndose al ecosistema como a una unidad básica conformada por el binomio de aspectos bióticos y abióticos en un espacio y tiempo determinado, y por lo tanto el ecosistema acuático corresponde al desarrollado dentro de un espacio fluvial (Margalef, 1983).

Una de las variables hidrológicas predominantes en la valorización de los ecosistemas acuáticos es el caudal, mismo que se encuentra correlacionado con características físico – químicas, siendo una de ellas la diversidad de hábitats, variable clave que limita la distribución y abundancia de las especies acuáticas y regula a su vez la integridad ecológica de los diferentes ecosistemas lóticos, a través de patrones característicos del régimen hidrológico en un río como: cantidad, frecuencia y variabilidad; a través de la generación de caudales máximos (inundaciones) y mínimos, necesarios para evaluar la integridad de los mismos y a su vez regulados por procesos ecológicos establecidos por 5 componentes como: magnitud, frecuencia, duración, predictibilidad y tasa de cambio de las condiciones hidrológicas (Poff *et al.*, 1997).

Dentro de los ecosistemas acuáticos, las diferentes características de hábitat son creadas y mantenidas por un amplio rango de caudales, por lo que muchas especies que habitan en los ríos necesitan del arreglo de los mismos para su desarrollo, además de que sus eventos hidrológicos del régimen de caudales, juegan un papel importante en el desarrollo de las comunidades, distinguiéndose por ejemplo los caudales ordinarios, los cuales afectan a poblaciones de los ecosistemas, mientras que los extraordinarios afectan a comunidades enteras, recalcando con ello nuevamente la importancia de caracterizar los ecosistemas acuáticos a través de aspectos fundamentales como: magnitud, frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de variación de caudal para caudales mínimos, medios y máximos (Poff *et al*. 1997; Olden & Poff, 2003).

Tomando en cuenta los aspectos indicados previamente, el ecosistema de un río se encuentra estructurado por macrohábitat, mesohábitat y microhábitat. El macrohábitat está formado por el río en su conjunto, o tramos particulares de este, vinculado principalmente al segmento fluvial y determinado por factores geomorfológicos e hidrológicos, así también por el régimen de temperaturas del agua y su calidad; el mesohábitat se caracteriza por ambientes hidráulicos de menores dimensiones, relacionado directamente con gradientes longitudinales en la descarga, tamaño de la partícula y obras hidráulicas como: rápidas, piscinas, reservorios, entre otros.; y finalmente el microhábitat como la palabra lo indica se encuentra a una escala más pequeña, vinculándose directamente con los cambios en las características físicas y bióticas de un mesohábitat, a través de variaciones de parámetros hidráulicos fundamentales como: velocidad, profundidad y sustrato (Brooks *et al.*, 2005). En la actualidad se requiere un mayor estudio de los hábitats acuáticos debido principalmente a la alteración por actividades antrópicas de los regímenes de caudales, las cuales generan cambios de la dinámica del hábitat, creando a su vez nuevas condiciones de adaptación de la biota nativa, reflejando a su vez una disminución y pérdida de la misma (riqueza, abundancia y diversidad) e inclusión de biotas no nativas, en mucho de los casos agresivas al ecosistema acuático (Poff *et al*., 1997).

Con base a lo mencionado, los cambios en el hábitat fluvial se encuentran relacionados con datos hidrológicos, hidráulicos y biológicos; y modelados a través caudal y de otras variables hidráulicas como: profundidad, velocidad y composición de sustrato, caracterizadas principalmente por su fácil determinación, y su influencia en la disponibilidad de alimento, y en la respiración y alimentación de las especies acuáticas, sin ser estas las únicas. La interrelación de las variables físicas con los macroinvertebrados permite asociar la información hidráulica y biológica, a través del uso de curvas de preferencia hidráulicas o de idoneidad de hábitat generada a través del uso de herramientas estadísticas (Dolédec *et al*., 2007; Statzner *et al*., 1998; Jacobsen *et. al.,* 1997).

Actualmente existen pocos enfoques basados en el desarrollo de modelos de idoneidad del hábitat, estos se basan en el comportamiento de las especies de los

microhábitats. Dichos modelos toman en cuenta como indicadores fundamentales u objetivos a los macroinvertebrados bentónicos por su amplia distribución, diversidad, poca movilidad, sensibilidad a cambios de caudal y rangos de tolerancia más estrechos, además por ser bioindicadores de la calidad biológica de los sistemas acuáticos fluviales. Los macroinvertebrados juegan un papel importante en la red trófica del ecosistema acuático, principalmente por ser una fuente alimenticia para consumidores terrestres y acuáticos (Esteves, 1988; Wade *et al.,* 1989). El conocer la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan, y sus estudios taxonómicos y de distribución proveen información relevante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio. (Hagan, 2008; Gore *et al.,* 2001; Roldán, 2001; Carvacho, 2012).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Antes de empezar con la descripción de la metodología a ser empleada, para el desarrollo de los objetivos específicos planteados en la presente investigación, es importante conocer primero el área de estudio donde se desarrollará la misma, razón por la cual a continuación se describe la zona de estudio considerando aspectos ambientales fundamentales, como: físicos, bióticos y socio económicos.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

El recurso hídrico que comprende la cuenca del río Antisana y microcuenca del río Jatunhuayco, proviene de un ecosistema protegido a los pies del volcán del mismo nombre, caracterizado principalmente por presentar buenas condiciones de filtración natural, presencia de agua de buena calidad, caudales bajos y geometría irregular en sus cauces naturales (Fundación Antisana *et al*., 2005).

En lo referente a la disponibilidad del recurso hídrico, esta se encuentra directamente relacionada con el manejo del ecosistema páramo, estado de conservación y aportes de los deshielos del volcán Antisana, además de contar actualmente con un régimen normativo obligatorio para la conservación del caudal ambiental dentro de los lineamientos establecidos para la determinación del derecho de uso y consumo del recurso hídrico (Fundación Antisana *et al*., 2005).

La dinámica de escurrimiento de las microcuencas que se encuentran en la cuenca del río Antisana, es difícil de descifrar debido a la variabilidad del contexto geológico de los volcanes, constituidos por capas, producto de erupciones volcánicas sucesivas, contando además que su textura del suelo presenta condiciones altamente permeables favoreciendo principalmente a la infiltración y escurrimiento superficial, implicando una heterogeneidad en su comportamiento hidrológico (Favier *et al.*, 2008).

En lo referente al comportamiento hidrometeorológico predominante en la microcuenca del río Jatunhuayco, corresponde a una zona climatológica de tipo ecuatorial frío de alta montaña, con variables de humedad relativa mayor al 90 %, temperaturas medias que oscilan entre 4 °C y 10° C, mínimas alrededor de los 0° C y máximas con frecuencias mínimas que sobrepasan los 20 °C, con regímenes de precipitación de larga duración y poca intensidad, con frecuentes neblinas, vientos fuertes y precipitaciones en forma de agua y granizo (Aguirre *et al.*, 2014).

La zona de estudio se caracteriza por poseer una geología variada, con sustratos rocosos y varias formas de relieve asociados a la tipología de volcanes Andinos existentes, condiciones morfo – climáticas y glaciales generados en el Pleistoceno y Holoceno, paredes rocosas formadas en el Palezoico, formaciones del Cuaternario y suelos jóvenes con horizontes poco diferenciados, ricos en materia orgánica formados por la deposición de cenizas y meteorización de material parental, existiendo relleno vulcano – sedimentario con una cobertura casi continua de Cangahua. En lo referente a su topografía y formas de relieve, estas dependen de las condiciones morfoclimáticas existentes, las cuales varían desde las tipo glaciar a peri glaciar, condiciones típicas de dominio tropical húmedo, con influencia directa de la Cordillera de los Andes, así por ejemplo en la parte norte y central de la zona de estudio, se encuentra presencia de rocas metamórficas, compuestas por esquistos filitas, cuarcitas y génesis, características del tipo de textura del suelo de la Cordillera de los Andes, además de la presencia de rasgos geomorfológicos, producto de procesos tectónicos y de vulcanismo (Fundación Antisana *et al.*, 2005; Ministerio del Ambiente, 2013).

Dentro del paisaje se destacan relieves medios a altos, poco a moderadamente disectados, irregulares, con cimas agudas y/o redondeadas, depresiones y/o relieves colinados, vertientes rectilíneas y/o convexas y pendientes que varían de suaves a escarpadas, conforme a lo mostrado en las FIGURAS 3.1, 3.2 y 3.3.

FIGURA 3.1 GEOMORFOLOGÍA DE LA SIERRA ALTA, SECTOR EXTREMO CENTRO OCCIDENTAL, INGRESO A LA LAGUNA DE LA MICA.

FUENTE: Fundación Antisana *et al*., 2005.

FIGURA 3.2 ONDULACIONES DEL PÁRAMO O SIERRA ALTA (HDA. ANTISANA), SECTOR CENTRAL.

FUENTE: Fundación Antisana *et al*., 2005.

FIGURA 3.3 RELIEVES IRREGULARES DE LA SIERRA ALTA

FUENTE: Fundación Antisana *et al*., 2005

En lo referente a su cobertura vegetal, la microcuenca del río Jatunhuayco principalmente posee tres formaciones de tipo páramo herbáceo, almohadillas y pajonal, en un rango altitudinal que oscila desde los 3.900 hasta los 4.600 msnm (Aguirre *et al.*, 2014), distribuidas conforme a lo presentado a continuación en la TABLA 3.1 y FIGURA 3.4.

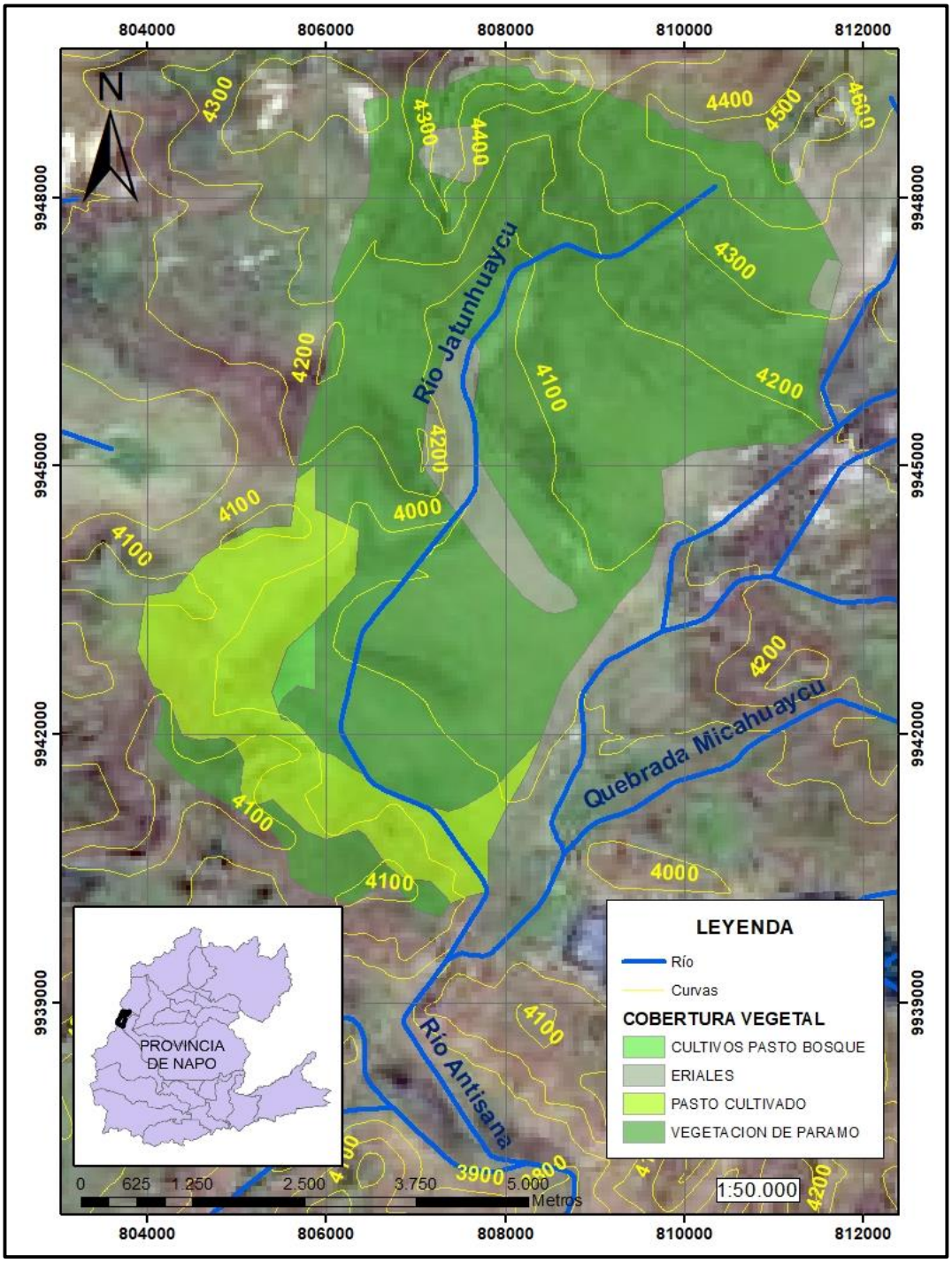
TABLA 3.1 PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL EXISTENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	SUPERFICIE (km^2)	PORCENTAJE (%)
Cultivos y bosque	0,309	0,75
Eriales (terrenos no aprovechables)	2,375	5,80
Pasto cultivado	8,216	20,07
Vegetación de páramo	30,04	73,38
TOTAL	**40,94**	**100,00**

FUENTE: Calispa, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 3.1, se puede identificar que la superficie de cobertura predominante con un 73,38 % es la vegetación de páramo con especies de flora silvestre características como: pajonal, arbustos, rosetas, almohadillas entre otros; seguido por el cultivo de pasto con un 20,07 %, evidenciándose actividades de pastoreo en la zona de estudio.

FIGURA 3.4 COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.



FUENTE: EPMAPS & FONAG, 2014

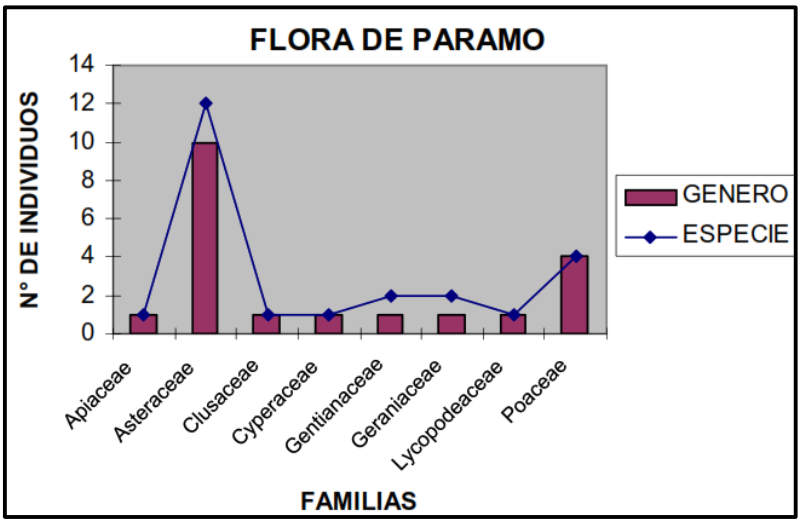
ELABORADO POR: Rojas, D (2018).

En lo referente a la fauna silvestre se registra en la zona de estudio, un total de 15 familias y 38 especies, distribuidos de la siguiente manera (Ortiz & Peralvo, 2013):

- Zona Alta: 14 familias y 28 especies
- Zona media: 11 familias y 25 especies
- Zona Baja: 11 familias y 17 especies

Las familias de flora silvestre predominantes en la microcuenca del río Jatunhuayco son: Apiaceae, Asteraceae, Clusacesae, Cyperaceae, Gentianaceae, Geranaceae, Lycopodeaceae y Poaceae (Ortiz & Peralvo, 2013), conforme a la FIGURA 3.5, citada a continuación:

FIGURA 3.5 FLORA PRESENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.



FUENTE: Ortiz & Peralvo, 2013.

En la FIGURA 3.5, se puede observar que la especie de flora silvestre predominante es la Asteraceae con una presencia de 10 familias, seguido por la Poaceae con 4, con un mínima presencia de especies de las familias Lycopodeaceae, Geranaceae, Gentianaceae, Cyperaceae, Clusacesae y Apiaceae.

En el ANEXO N° 1, se describen las especies representativas de la flora silvestre presentes tanto en la microcuenca del Río Jatunhuayco, como en la cuenca del Antisana, conforme al estudio *"Restauración de áreas degradadas de páramo a pequeña escala y diseño de un plan Piloto de manejo adaptativo para zonas de amortiguamiento dentro de las microcuencas del Antisana y Pita en áreas de aporte a los sistemas de agua potable del distrito metropolitano de Quito"*, desarrollado entre el Ministerio del Ambiente del Ecuador y la Secretaría General de la Comunidad Andina, en el año 2013 (Ortiz & Peralvo, 2013).

En lo referente a la fauna, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

TABLA 3.2 FAUNA EXISTENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

TIPO DE ESPECIE DE VERTEBRADO	NÚMERO DE ESPECIES (U)	PORCENTAJE (%)
Aves	418	75,72
Mamíferos	73	13,22
Anfibios y reptiles	61	11,05
TOTAL	**552**	**100,00**

FUENTE: Ministerio del Ambiente, 2013.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 3.2, se puede observar a las aves como especie característica de la zona estudio con un 75,22%, encontrándose dentro de ellas al cóndor, actualmente en peligro de extinción.

En la actualidad, aproximadamente el 77 % de la microcuenca del río Jatunhuayco se encuentra en el interior del Predio Antisana – Contadero (administración por parte de la EPMAPS) y el 23 % restante a la Hacienda Pullurima (suroeste de la captación Jatunhuayco)[1].

La microcuenca o Unidad Hidrográfica Jatunhuayco (UHJ), se encuentra en una altitud media de 4.135 msnm dentro del ecosistema de páramo de la zona de conservación del Antisana (REA) a 50 km del suroeste de la ciudad de Quito y

[1] FONAG, 2013.

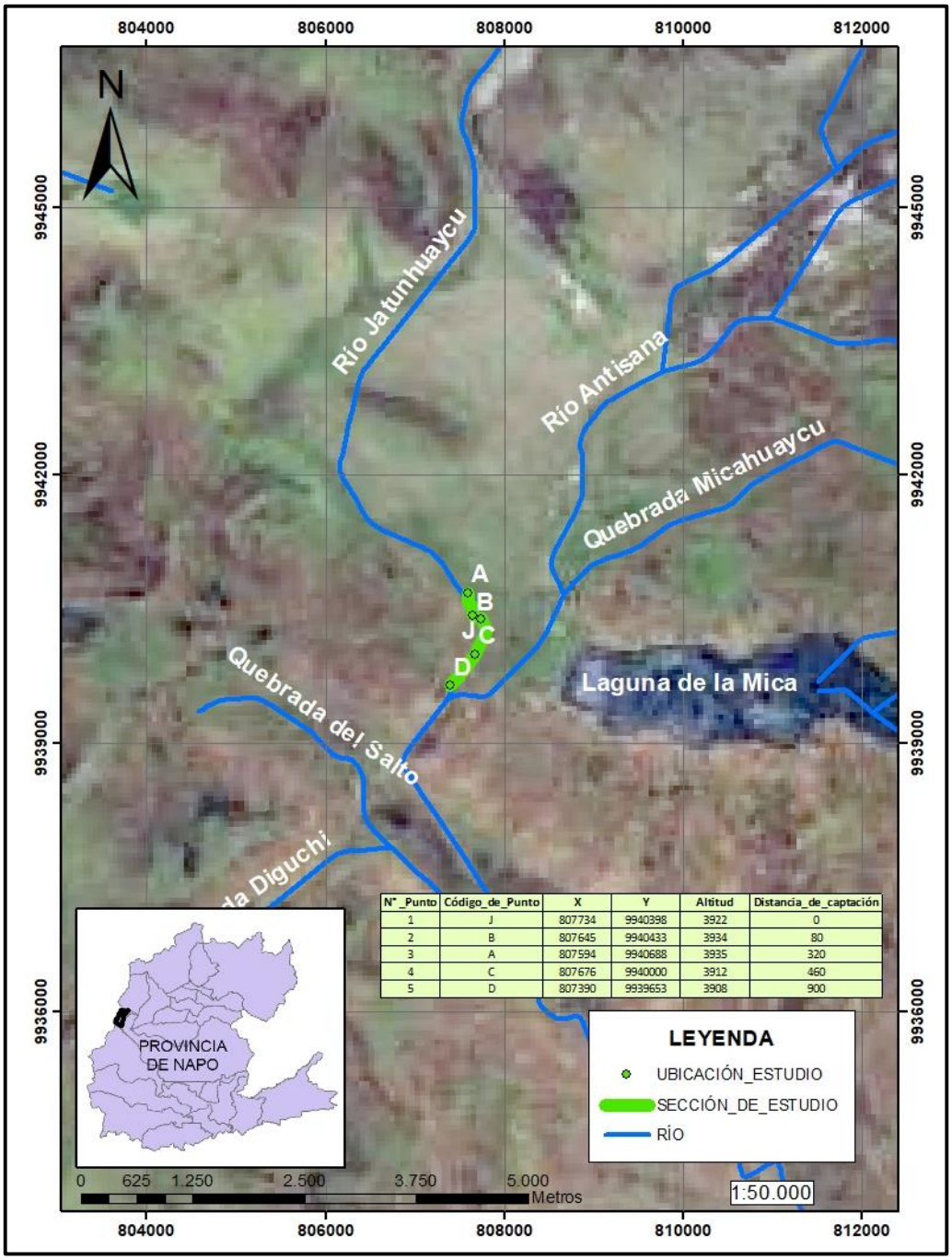
dentro del ecosistema de páramo de la Zona de Conservación del Antisana (ZCA), la cual junto al nevado Antisana y la laguna La Mica, aportan al sistema de agua potable La Mica – Quito Sur (FONAG, 2014; EPMAPS, 2015).

Esta microcuenca, dentro de la división política territorial, pertenece a la parroquia Archidona, cantón Archidona, provincia de Napo, con una superficie de 40,94 km^2 y longitud del cauce de aproximadamente 27,35 km, con un piso altitudinal que fluctúa entre los 3.900 hasta los 4.600 msnm y coordenadas 807.775,47 E; 9’945.008,11 N para la obra de captación Jatunhuayco, dentro de la cuenca del río Antisana. Dentro de sus límites territoriales tenemos (EPMAPS & FONAG, 2014) :

- Norte: Microcuenca del río Tumiguina
- Sur y Este: Microcuenca del río Antisana
- Oeste: Microcuenca del río Chacauco

A continuación en la FIGURA 3.6, se presenta de manera general la ubicación del tramo de estudio correspondiente al río Jatunhuayco.

FIGURA 3.6 UBICACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO



N°_Punto	Código_de_Punto	X	Y	Altitud	Distancia_de_captación
1	J	807734	9940398	3922	0
2	B	807645	9940433	3934	80
3	A	807594	9940688	3935	320
4	C	807676	9940000	3912	460
5	D	807390	9939653	3908	900

FUENTE: EPMAPS & FONAG, 2014

ELABORADO POR: Rojas, V.

Dentro de la infraestructura existente, encontramos al sistema de agua potable La Mica – Quito Sur, que permite cubrir la demanda de agua potable previo

tratamiento en la Planta El Troje, de 600.000 habitantes pertenecientes al sur del Distrito Metropolitano de Quito, que además posee la central hidroeléctrica El Carmen de 8,4 MW de potencia, la cual incluye un embalse, sistema de captación y transporte del recurso hídrico hasta las plantas de tratamiento de agua cruda, la cual tiene como propósito aprovechar el desnivel existente y amortiguar la presión existente en las tuberías de las líneas de conducción principal del transporte de agua cruda del sistema (Cuzco, 2014).

Actualmente en la administración de la reserva se han realizado procesos activos con otras instituciones y actores, con el propósito de conservar las fuentes del recurso hídrico a través del aporte de bienes y prestación de servicios, siendo la responsabilidad legal para la administración y manejo de la Reserva Ecológica del Antisana (REA) una de las 47 áreas protegidas del Ecuador, le corresponde al Ministerio del Medio Ambiente, con el apoyo de instituciones y actores involucrados, citados a continuación (Yépez, 2016):

- Fondo Nacional del Agua (FONAG)
- Fundación Antisana
- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS).
- Municipios de Quijos (Baeza) y Archidona
- Consejo Provincial del Napo (Tena)
- Juntas Parroquiales de Pintag, Papallacta, Cuyuja, Baeza, Cosanga, Cotundo.
- Familia Delgado (propietaria de la hacienda Antisana)
- Secretaria del Agua (SENAGUA)
- Instituto para el Ecodesarrollo de la Región Amazónica Ecuatoriana (ECORAE).
- Instituto Nacional de Desarrollo Agrario (INDA)
- Usuarios privados de agua, piscinas y piscicultores
- Petroecuador

En lo que respecta al estudio de requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos para la zona de estudio, esta se la realizó con base a información correspondiente a la zona baja de la microcuenca del río Jatunhuayco, levantada mediante hojas de campo (ANEXO N°2), seleccionada en 4 puntos de muestreo dentro de la zona aledaña a la obra de captación Jatunhuayco: dos antes de la captación (A y B) y dos después de la captación (C y D) conforme a lo que se indica en la TABLA 3.3 y FIGURA 3.6 (EPN, 2015).

TABLA 3.3 GEORREFERENCIACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

N° PUNTO	CÓDIGO PUNTO	X	Y	ALTITUD (MSNM)	DISTANCIA A LA CAPTACIÓN
1	**J**	807.734	9'940.398	3.922	0
2	**B**	807.645	9'940.433	3.934	80 m
3	**A**	807.594	9'940.688	3.935	320 m
4	**C**	807.676	9'940.000	3.912	460 m
5	**D**	807.390	9'939.653	3.908	900 m

FUENTE: EPN, 2015.

Conforme a lo indicado en la TABLA 3.3, los puntos se tomaron a partir del eje de la captación (punto J), tantas aguas arriba (A, B) como aguas abajo (C, D), con las distancias indicadas previamente.

Los muestreos para cada punto de muestreo, se realizaron en dos campañas: los días 19, 20 y 21 de octubre de 2015 y posteriormente 03, 04, 05 y 06 de enero de 2016 (TABLA 3.4), consideradas tanto para época lluviosa y seca (EPN, 2015).

TABLA 3.4 TEMPORALIDAD DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO

CAMPAÑA #	FECHA	TEMP.	DESCRIPCIÓN
Campaña 1	19 al 21 de octubre de 2015.	15 °C	Poca Presencia de Lluvias.
Campaña 2	3 al 6 de enero de 2016.	18 °C	Considerable presencia de precipitaciones.

FUENTE: López, 2016.

Cabe acotar, que en lo referente a la generación de la información en los puntos de muestreo (A, B, C y D), esta se la realizó mediante un muestreo multihábitat al azar de tipo cuantitativo con 9 repeticiones en cada punto, a través de la toma de 3 puntos por cada sección de muestreo en la sección transversal del cauce (margen lateral izquierdo, derecho y centro), tomando en cuenta los siguientes aspectos relevantes:

- Piso altitudinal de la zona de estudio
- Características meteorológicas y climatológicas propias de la zona de estudio (precipitación, temperatura).

En torno a la información existente para cada punto de muestreo (A, B, C, D) de la microcuenca del río Jatunhuayco, se cuenta con la siguiente:

1) *Muestreo Biológico:* Se cuenta con los resultados de la identificación de macroinvertebrados de acuerdo a su categorización taxonómica (orden, clase, familia y género), la cual incluye riqueza y abundancia para cada especie, además de una descripción de la taxonomía identificada en la zona de estudio (ANEXO N° 3).

2) *Muestreo físico – químico:* Se cuenta con los resultados de las diferentes variables físico – químicas realizadas en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional (EPN): conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes fecales, oxígeno disuelto, porcentaje

de oxígeno disuelto saturado y sólidos suspendidos, necesarios para la generación de los índices de contaminación (ICO), el cual forma parte de uno de los propósitos de la presente investigación.

3) *Datos hidráulicos e hidrológicos:* Se cuenta con datos aforados de velocidad y profundidad, necesarios para la elaboración de las curvas de preferencia hidráulicas.

A continuación, en los numerales siguientes, se describe la metodología empleada y desarrollada para el *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos para la zona de captación Jatunhuayco"*, la cual implica la *caracterización de la calidad del agua, construcción de las curvas de preferencia hidráulicas y el modelo hidrológico conceptual*, a generarse para la microcuenca del río Jatunhuayco.

3.2. ASPECTOS GENERALES

El estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en el tramo de estudio del río Jatunhuayco, requiere del manejo y análisis de parámetros hidráulicos, biológicos, fisicoquímicos y series de datos hidrometeorológicos, a través del uso de herramientas estadísticas, siendo necesario validarlos, a través de aspectos fundamentales como: criterios de elegibilidad de datos, correlación de variables y análisis de componentes principales; necesarios para la construcción de las curvas de preferencia hidráulicas y modelo hidrológico conceptual característico para la zona de estudio, como parte de los objetivos planteados en la presente investigación, citados a continuación.

3.3. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Para una comprensión adecuada de las diferentes herramientas estadísticas que se emplearon como parte del *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados en el área de estudio*", es de vital importancia indicar a continuación, los conceptos estadísticos utilizados en el análisis de los

diferentes datos empleados para el desarrollo de los índices de calidad del agua, curvas de preferencias hidráulicas y modelo hidrológico conceptual:

- Medidas de dispersión
- Medidas de tendencia central
- Variables
- Curva de doble masa o acumulada
- Análisis de regresión
- Análisis de distribución de frecuencias
- Asimetría
- Variable aleatoria
- Normalización

3.3.1. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD DE DATOS

Para que una serie de datos sea considerada idónea, es necesario considerar cuatro elementos importantes:

La continuidad de los datos, es un elemento importante que nos permite comprender el proceder de una variable en menor escala temporal (ej. mensual).

En Ecuador la mayoría de estaciones meteorológicas e hidrométricas no cuenta con un registro de una serie de datos continuos, para lo cual es necesario rellenar y/o generar datos para la zona de interés, considerando semejanzas climatológicas y de altitud con estaciones relativamente cercanas, permitiendo utilizar la serie de datos en mención de una manera eficiente y eficaz (Pazmiño, 2010).

La representatividad es importante para que los datos tengan una buena base muestral, como por ejemplo cuando se escogen estaciones que se encuentran dentro de un radio de 50 km con respecto al centro de gravedad de la zona de interés, tomando en cuenta la altitud de todas ellas (Pazmiño, 2010).

La extensión de los datos, la cual permite contar con una cantidad de datos considerable que permita evaluar de manera eficiente sus cambios en la

variabilidad temporal a una mayor escala; como por ejemplo al evaluar datos de precipitaciones se recomienda contar para la misma con una serie de datos continuos de 25 a 30 años, la cual dependerá de la realidad del sitio de estudio (Pazmiño, 2010).

La homogeneidad espacial, como una de las condiciones que se espera en toda serie de registro de datos, ya que permiten evitar errores en un análisis de datos; una de las fórmulas más simple y confiable para evaluar la homogeneidad se la realiza a través de la comparación de datos existentes con estaciones cercanas, asumiendo que las mismas se encuentran bajo condiciones climatológicas y pisos altitudinales similares (Villacís, 2001).

Dentro de los procedimientos comúnmente desarrollados en el análisis de la homogeneidad de los datos tenemos la prueba de rachas y curva de doble masa.

3.3.2. CORRELACIÓN DE VARIABLES

La correlación de variables es la dependencia que existe entre dos o más variables dentro de una distribución binomial (Pazmiño, 2010), estimado a través de un índice denominado *"coeficiente de correlación"* .

Por lo tanto, el coeficiente de correlación, se lo utiliza para rellenar valores dentro de una serie de datos con presencia de vacíos, a través de un análisis de regresión lineal, determinado mediante el uso de la siguiente expresión:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})*(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2*\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \qquad (3.1)$$

Donde:

x: Variable independiente
y: Variable dependiente
$\bar{x}$: Promedio de los valores x; y
$\bar{y}$: Promedio de los valores de y.

El coeficiente de correlación varía entre -1 y 1. Un valor cercano a 0 indica que x y y no están correlacionados linealmente, considerando coeficientes de correlación aceptables a aquellas series que muestran un coeficiente de correlación $R > 0{,}7$ (Pazmiño, 2010).

3.3.3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Se denomina *"Análisis de Componentes Principales - ACP"*, a la técnica estadística empleada para la síntesis de información o reducción de un número de variables, teniendo como objetivo la reducción del número de variables al mínimo, evitando el perder la mayor cantidad de información posible, obteniendo como resultado nuevos componentes combinados linealmente con las variables originales e independientes entre sí, teniendo como objetivo principal, el poder explicar la mayor parte de la varianza contenida en los datos originales de las diferentes variables analizadas (López, 2016).

El ACP se fundamenta en la existencia de altas correlaciones entre las variables a ser analizadas, ya que esta es un indicativo de información redundante, que no afecten a la variabilidad total de la información.

Entre las matrices de correlaciones clásicas del ACP tenemos a las de Pearson (matrices de covarianza asignan mayor peso a las variables con varianzas más altas), Spearman (adecuada cuando se ejecuta un ACP sobre variables con distribuciones diferentes) y polinómicas (adecuadas para variables ordinales) (López, 2016).

3.4. CARACTERIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, MUESTREO FISICO QUÍMICO Y VARIABLES HIDROMETEOROLÓGICAS, HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

3.4.1. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

3.4.1.1. Descripción general

En las últimas décadas, el estudio y análisis de los macroinvertebrados bentónicos ha incrementado como organismos bioindicadores, dentro del proceso de la evaluación de la calidad del agua del medio fluvial ya que mediante el análisis de su composición taxonómica y estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, se puede llegar a determinar el grado de afectación producto de actividades antrópicas (Acosta *et al.*, 2009).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden observar a simple vista, miden entre 2 milímetros y 30 centímetros, su hábitat suele ser en sustratos como: grava, arena, fango, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos caídos y en descomposición, lodo o en la arena del fondo del río, donde el agua es más turbulenta, aguas estancadas, pozas y charcos, entre otros. Pueden alimentarse de plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas, otros invertebrados y peces, restos de comida y animales en descomposición, elementos nutritivos del suelo, sangre de otros animales, elementos nutritivos del agua (Hanson *et al.,* 2010).

Además se los considera también, unos excelentes bioindicadores de calidad de agua, sensibles a perturbaciones medioambientales, que permiten evaluar contaminación orgánica, metales, alteración del régimen de caudal, morfología del lecho fluvial, entre otros; razón por la cual son ampliamente utilizados para el biomonitoreo de la calidad del agua (Suarez, 2014).

Dentro de las características generales más relevantes que estos poseen, tenemos las, de acuerdo a la TABLA 3.5, citada a continuación.

TABLA 3.5 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS MACROINVERTEBRADOS.

CARACTERÍSTICAS RELEVANTES	Son universalmente abundantes
	Son fáciles de recolectar
	Son sedentarios
	Presentan tamaño suficiente para ser observados a simple vista
	Son extremadamente sensibles a perturbaciones
	Sus ciclos de desarrollo son los suficientemente largos dentro de las fuentes de agua
	Cada especie se adapta fácilmente a las condiciones del cuerpo de agua.
	Son fáciles de identificar a nivel de familia y género
	Son heterogéneos, presentan diversidad taxonómica
	Son buenos indicadores de la calidad del agua, algunos requieren solo de agua limpia para sobrevivir y otros abundan en aguas contaminadas
	La alta variedad de macroinvertebrados existentes, permite que haya una amplia gama de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación
	Los grupos más abundantes, representativos y estudiados son los insectos.
	Presentan un muestreo eficiente y económico

FUENTE: Castellanos & Serrato, 2008.

Entre algunas de las desventajas relevantes que estos poseen, tenemos las siguientes (Arroyo, 2007):

- Los muestreos cuantitativos requieren de un gran número de réplicas, generando una mayor cantidad de recursos (tiempos y costos periódicos).
- Presenta variaciones estacionales periódicas en el análisis de la densidad de especies, surgiendo la necesidad de llevar registros de carácter periódico.
- Su distribución y abundancia, dependen de factores naturales o antrópicos.
- A muchos de los grupos de macroinvertebrados, aún no se los ha podido identificar claramente (taxonomía).

Es así, que los macroinvertebrados juegan un rol primordial dentro de los ecosistemas, tanto por su papel en la transformación de la materia orgánica y producción primaria en el medio, así como también representan una importante fuente de alimentación de cara a otros organismos superiores.

Dichas comunidades varían a través del tiempo y del espacio, esto por la influencia de factores ambientales como: descargas, sustratos, sustancias disueltas, turbidez, vegetación de ribera, uso del suelo, temperatura, altitud, latitud, orden de corriente, profundidad, alcalinidad, pH (Arroyo, 2007).

En la TABLA 3.6, se describen las principales técnicas empleadas para la recolección y muestreo de macroinvertebrados.

TABLA 3.6 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

TÉCNICAS	EN QUE CONSISTE	DONDE SE REALIZA
Piedras y hojas flotantes	En buscar macroinvertebrados en las piedras y hojas que estén: en el fondo, en la superficie y en la orilla de los ríos	• Ríos pedregoso y con material flotante • Ríos corrientosos • Ríos con piedras grandes
Red de Patada	En atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo de los ríos con el pie.	• Ríos medianamente torrentosos, • ríos por los que se pueda caminar • Ríos con fondos de fango, hojas, troncos, piedras, etc.
Red Surber	En atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo de los ríos con una red en forma de L.	• Ríos con poca profundidad (alrededor de 45 a 1 metro). • Ríos más o menos torrentosos. • Ríos con fondo de piedras pequeños.
Draga Eckman	En recoger una porción de arena del fondo el cual contendrá macroinvertebrados (esta draga consta de un par de palas)	• En los fondos de los ríos, lagos, lagunas que son muy profundos. • Los fondos de los ríos deben ser de arena o de limo • No pedregosos
Red de superficie	Recoger macroinvertebrados de las áreas superficiales de los cuerpos de agua	• Riberas de los ríos • Superficie de cualquier cuerpo de agua.

FUENTE: Castellanos & Serrato, 2008.

3.4.1.2. Caracterización taxonómica

La caracterización taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos consiste en el análisis y desarrollo de los siguientes elementos, citados a continuación:

- Categorización taxonómica (clase, orden, familia y genero)

- Riqueza taxonómica
- Abundancia y porcentaje de abundancia
- Determinación de familias de macroinvertebrados predominantes

Categorización Taxonómica

Consiste en la identificación de carácter cualitativo, de las diferentes clases, órdenes, familias, géneros y especies, obtenidas a partir de la información generada en las diferentes campañas de muestreo realizadas en la zona de la captación Jatunhuayco.

Con base a lo mencionado, se procedió con la categorización taxonómica para la zona de estudio, basada en el siguiente proceso:

1) Categorización taxonómica para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2), presentada en el ANEXO N° 4.

2) A partir de la información generada anteriormente, se obtiene la categorización taxonómica de la zona de estudio, la cual agrupa la información generada para las dos campañas (1 y 2), para la zona aguas arriba (A y B), aguas abajo (C y D) y la totalidad de la zona de estudio (A, B, C y D), es decir aguas arriba más aguas abajo.

Riqueza Taxonómica

Consiste en la cuantificación del número de clases, órdenes, familia, género y especies identificadas, para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2) y las dos campañas, aguas arriba (A, B), abajo (C, D) y total de la zona de estudio (A, B, C, D), basada en el registro e inventario de la categorización taxonómica generada en el numeral anterior.

Donde:

$$\# \boldsymbol{Clases} = Clase_1 + Clase_2 + \ldots Clase_n \qquad (3.2)$$

$$\# \boldsymbol{Ordenes} = Orden_1 + Orden_2 + \ldots Orden_n \quad (3.3)$$

$$\# \boldsymbol{Familias} = Familia_1 + Familia_2 + \ldots Familia_n \quad (3.4)$$

$$\# \boldsymbol{Géneros} = Género_1 + Género_2 + \ldots Género_n \quad (3.5)$$

$$\# \boldsymbol{Especies\ identificadas} = sp_1 + sp_2 + \ldots sp_n \quad (3.6)$$

En el ANEXO N° 5, se presentan los resultados obtenidos de riqueza específica para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2).

Abundancia y porcentaje de abundancia (relativa y específica)

Consiste en determinar de la abundancia relativa y total de la taxonomía identificada de cada uno de los puntos de muestreo (A, B, C y D) por campaña realizada (1 y 2), siendo la abundancia relativa o parcial corresponde al número de especies existentes por cada muestreo multihábitat al azar realizado por punto de muestreo, mientras que la abundancia específica total corresponde al número total de especies de todos los muestreos multihábitats (9 al azar) realizados por cada punto de muestreo (A, B, C y D).

El cálculo de las abundancias relativas (Ab_i) y abundancias específicas (Ab_T), se las realizaron a través del uso de las siguientes expresiones:

$$Ab_i = \sum A_i \ ; donde\ A_i\ valores\ de\ abundancia\ de\ cada\ especie\ para\ A_1, A_2 \ldots A_9 \quad (3.7)$$

$$\% \boldsymbol{Ab_i} = \frac{\boldsymbol{Ab_i}}{\sum \boldsymbol{Ab_T}} \boldsymbol{x100} \quad (3.8)$$

$$Ab_T = A_1 + A_2 + \cdots . A_9 \quad (3.9)$$

$$\% Ab_T = \frac{Ab_T}{\sum Ab_T} x100 \quad (3.10)$$

En el ANEXO N° 6, se presentan los resultados obtenidos de abundancia y porcentaje de abundancia para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1, 2); a partir de los cuales se obtendrá la abundancia y porcentaje de abundancia aguas arriba (A, B), aguas abajo (C y D) y total de la zona de estudio (A, B, C y D).

Familias Predominantes

Con base a los datos generados anteriormente, se establece uno de los objetivos principales de la categorización taxonómica para la zona de estudio, el cual es la identificación de las familias predominantes para cada campaña, las dos campañas, aguas arriba, aguas abajo y para la totalidad de la zona de estudio en la zona de la captación Jatunhuyaco, a considerarse dentro del análisis comparativo entre los macroinvertebrados identificados los parámetros hidráulicos y posterior generación de curvas de preferencia hidráulicas, propósito de la presente investigación.

A continuación se describe la metodología a emplearse para la determinación de las familias predominantes para la zona de estudio, basadas en el uso de criterios estadísticos.

- Recopilación de la información previa generada, correspondiente a: categorización taxonómica, riqueza específica, abundancia y porcentaje de abundancia determinadas en los numerales anteriores.

- A partir de la información recopilada se procede con el análisis estadístico de la abundancia de las especies generadas por cada punto de muestreo (A, B, C y D) para cada campaña (1 y 2)[2], aguas arriba, aguas abajo y totalidad de la zona de estudio, a partir del análisis descrito a continuación:

  Si $Ab_i > \overline{Ab_T}$; entonces la familia es predominante, caso contrario la familia no es predominante.

  Donde:

  Ab_i: Abundancia correspondiente a cada especie de macroinvertebrados identificados (Abundancia relativa).

[2] ANEXO N° 7

$\overline{Ab_T}$: Media de la Abundancia total cuantificada por cada punto de muestreo (A, B, C y D).

- Diagrama de cajas o bloxpot, generados a través del ordenamiento de las abundancias para cada campaña de los muestreos multihábitat al azar con 9 repeticiones, a realizarse por cada punto de muestro (A, B, C y D) para cada campaña (ANEXO N° 8), aguas arriba, aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco y la totalidad de la zona de estudio.

- Como punto final, se procede a la determinación de las familias predominantes a partir del análisis comparativo entre los resultados generados a partir del análisis estadístico con los de la distribución de datos (diagrama de cajas o bloxpots) mencionados previamente.

3.4.1.3. Densidad y diversidad de macroinvertebrados

Consiste en la determinación de la densidad de macroinvertebrados para un hábitat determinado, a través de la generación de índices de diversidad (Shannon - Wiener, Margalef y Simpson) las cuales se caracterizan por relacionar el número de especies observadas (riqueza) con el número de individuos de una especie (abundancia), considerando el principio de que una perturbación en el ecosistema fluvial genera una reducción en la diversidad de las especies, calculadas mediante las siguientes expresiones (Roldán, 2001).

- Índice de diversidad de especies o de Shannon – Wiener (bits/ ind).

$$\boldsymbol{H = -\sum_{i=1}^{S}\left(\frac{n_i}{N}\right) ln\left(\frac{n_i}{N}\right)} \tag{3.11}$$

- Índice de Dominancia de Simpson

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \tag{3.12}$$

- Índice de riqueza de Margalef

$$I = \frac{S-1}{lnN} \tag{3.13}$$

- Densidad (ind/m^2)

$$De = \sum_{i=1}^{S} \frac{n_i}{A_{red} * \# \, muestras} \tag{3.14}$$

Donde:

S: Número de especies (riqueza específica)
N: Número total de individuos (abundancia)
n_i: Número de individuos por taxón en una muestra de una población (abundancia relativa).
A_{red}: Área efectiva de muestreo (red surber = 0,09 m^2)
Muestras: Intervalos de muestreo (9 mediciones por cada punto de muestreo)

Una vez determinada la densidad de especies de macroinvertebrados, a través de los índices de diversidad de especies mediante el uso de las expresiones citadas anteriormente, se procede a continuación con el análisis de distribución y variabilidad de los datos, lo cual tiene como finalidad el analizar valores estadísticos fundamentales, tales como: máximos, mínimos, medias, desviación estándar, asimetría, entre otros; a elaborarse en el programa estadístico XLSTAT versión estudiantil, representados gráficamente a través del diagrama de cajas o bloxpots, los cuales serán posteriormente relacionados con las diferentes preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad y sustrato), como parte del proceso del desarrollo de las curvas de preferencia hidráulicas, contempladas como parte del *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en los microhábitats de ríos de páramo"*.

La densidad de las especies de macroinvertebrados bentónicos, se la realizó para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2)[3], aguas

[3] ANEXO N° 9

arriba, aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco y para la superficie total de la zona de estudio (aguas arriba más aguas abajo), incluyendo sus respectivos análisis de distribución de datos representados en los diagramas de cajas o bloxpots.

En el ANEXO N° 10, se presentan los análisis de distribución de datos de las densidades de especies de macroinvertebrados bentónicos para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2), representados a través del diagrama de cajas o bloxpots.

3.4.2. MUESTREOS FÍSICO QUÍMICOS

Los muestreos físico - químicos se realizan con el propósito de llevar un control de la contaminación del recurso hídrico a través de la medición y valoración de parámetros físico - químicos, teniendo como objetivo principal, el mantenimiento de la calidad del agua destinada para los diferentes usos y aprovechamientos que se utilice, este control se realiza a través del cumplimiento de la respectiva norma ambiental vigente, que para el caso corresponde a la Norma Técnica General de Criterios de Calidad para los Usos de las Aguas superficiales, marítimas y de estuarios (Ministerio del Ambiente, 2015).

El Acuerdo Ministerial 097 – A, conforme al Registro Oficial N° 387 del 4 de noviembre de 2015, para el control de la calidad del agua se indica a continuación en la TABLA 3.7.

TABLA 3.7 CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA, CONFORME A NORMATIVA ACTUAL VIGENTE.

TABLA	CRITERIO
TABLA 1:	CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO.
TABLA 2:	CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS.
TABLA 3:	CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA.
TABLA 4:	PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO.
TABLA 5:	CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO PECUARIO.

TABLA 6:	CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO.

FUENTE: Ministerio del Ambiente, 2015.

Los parámetros físicos - químicos a evaluar dentro de un análisis de calidad del agua, deben ser establecidos en el marco normativo de las tablas del Acuerdo Ministerial 097-A, mostrados a continuación en la TABLA 3.8.

TABLA 3.8 PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS, EMPLEADOS PARA EL SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

PARÁMETROS		UNIDAD
Parámetros de campo	pH	-
	Conductividad	us/cm
	Solidos Disueltos	mg/L
	Temperatura	^{o}C
	Oxígeno disuelto	mg/L
	Oxigeno de Saturación	%
Parámetros físico Químicos	Color Aparente	APHA PtCo
	Color Real	APHA PtCo
	Dureza Total	mg/L
	Solidos suspendidos totales	mg/L
	Solidos totales Gravimétricos	mg/L
	Turbidez	FAU/NTU
Aniones y no metales	Alcalinidad total	mg/L
	Fosfato	mg/L
	Nitrato	mg/L
	Nitrito	mg/L
	Sulfato	mg/L
	Cianuro	mg/L
	Sulfuro	mg/L
Parámetros Microbiológicos	Coliformes Fecales	NMP/100mL
	Coliformes Totales	NMP/100mL
Parámetros Orgánicos	Aceite y Grasas	mg/L
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L

FUENTE: Ministerio del Ambiente, 2015.

El monitoreo empleado para determinar la calidad del agua, deberá realizarse en un laboratorio Acreditado al Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

La caracterización del muestreo físico – químico en la zona de estudio, consiste en la presentación de los resultados de los diferentes parámetros físico –

químicos, para cada muestreo multihábitat al azar de tipo cuantitativo con 9 repeticiones en cada punto de muestreo (A, B, C y D) y por cada campaña[4], necesarios para la determinación de los índices de contaminación (ICO).

Los parámetros físicos – químicos, considerados para la determinación de los índices de contaminación (ICO), son los siguientes:

- Conductividad
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Coliformes Totales
- Oxígeno disuelto
- Sólidos suspendidos
- Porcentaje de Oxígeno Disuelto Saturado

3.4.3. DATOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS.

3.4.3.1. Conceptos generales

Es importante conocer algunos conceptos generales previos, que permitan comprender y entender con claridad, el uso de los diferentes datos hidrológicos, hidráulicos e hidrometeorológicos, empleados tanto en el desarrollo de las curvas de preferencias hidráulicas así como el modelo hidrológico, propósitos de la presente investigación, las cuales se detallan a continuación:

Caudal mínimo

Corresponde al caudal horario permanente mínimo que se presenta en un período de 24 horas, obtenido a partir de datos anuales. Esta información sobre caudales horarios mínimos es necesaria para determinar posibles efectos sobre algunos procesos y para el dimensionamiento de caudalímetros (Soriano, 2011).

[4] ANEXO N° 11

Caudal Ambiental

Cantidad mínima de agua que asegure la subsistencia del ecosistema con las necesidades humanas (Cantera *et al.*, 2009).

Caudal Ecológico

Cantidad de agua suficiente que circula en el cauce en condiciones óptimas, que garanticen el desenvolvimiento natural de la vida bioacuática y los ecosistemas aledaños (Cantera *et al*., 2009).

Velocidad media del cauce

A continuación se presentan las ecuaciones empíricas mayormente utilizadas, para la estimación de la velocidad media para una sección transversal del cauce de un río, así como también en la hidráulica de canales.

Chezy:

$$V_m = c * \sqrt{y * I} \tag{3.15}$$

Donde:

V_m: Velocidad media;

c: Coeficiente de rugosidad;

y: Calado o tirante normal;

I: Pendiente longitudinal.

Darcy – Weisbach:

$$V_m{}^2 = \frac{8gyI}{f} \tag{3.16}$$

Donde:

V_m: Velocidad media;

g: Gravedad;

y: Calado

I: Pendiente

f: Factor de fricción

Manning:

$$V_m = \frac{R^{2/3} * I^{1/2}}{n} \tag{3.17}$$

Donde:

V_m: Velocidad media

R: Radio hidráulico

I: Pendiente

n: Coeficiente de rugosidad

3.4.3.2. Caracterización de las variables hidráulicas

A partir de los datos hidráulicos (velocidad y profundidad), existentes en los respectivos márgenes (lateral derecho e izquierdo) y eje central del cauce de las secciones transversales del río de estudio (muestreo multihábitat al azar de tipo cuantitativo con 9 repeticiones) para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D), se procede con la caracterización de las variables hidráulicas en mención, necesarias para la generación de las curvas de preferencia hidráulicas, a través del desarrollo del proceso descrito a continuación:

- Presentación de los resultados de velocidades y profundidades o calados, para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña realizada (1 y 2)[5].

[5] ANEXO N° 12

- Medida de tendencia central (Media) de los diferentes datos de velocidades y profundidades, para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña realizada (1 y 2)[6].
- Análisis de la distribución de los datos hidráulicos de velocidades y profundidades, para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña realizada (1 y 2) y para las dos campañas, representado a través del diagrama de cajas o bloxpot (ANEXO N° 13)

3.4.3.3. Caracterización de las variables hidrológicas

En lo referente a las variables hidrológicas, se dispone con una serie de datos continuos de 15 años (1979 – 2009) de los caudales medios mensuales, generados para la zona baja de la microcuenca del Río Jatunhuayco, propuesta por Yépez, 2016 (ANEXO N° 14), a partir de la cual se determinarán caudales mínimos, máximos y ecológicos en la microcuencas de estudio.

3.4.3.4. Caracterización de las variables hidrometeorológicas

En lo referente a las variables hidrometeorológicas (precipitaciones y temperaturas), esta se la realizó a partir de las series de datos medio mensuales existentes en el INAMHI y EPMAPS para 13 estaciones meteorológicas circundantes a la microcuenca del río Jatunhuayco, con un radio medio de curvatura con respecto al centro de gravedad de la microcuenca de estudio de 7 km, en un período comprendido de 13 años (1995 – 2007), a través del relleno de datos de las variables hidrometeorológicas por medio del uso de herramientas estadísticas, con la previa validación de las mismas.

[6] ANEXO N° 12

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

3.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO E ÍNDICE DE SUSTRATO.

Uno de los factores que infieren en la colonización, arreglo espacial y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos es el sustrato, conocido comúnmente como la mezcla de las partículas que componen el lecho de un río, encontrándose siempre en función al diámetro medio de las partículas que componen dicho lecho (granulometría) y de vital importancia para la evaluación del hábitat fluvial (Alba-Hincapié *et al.*, 2016; Bovee, 1982).

De acuerdo a la composición granulométrica (diámetros de las partículas), el sustrato que compone el lecho de un río, se puede dividir en seis categorías (Mayo, 2000).

a) Finos
b) Arenas: arenas y gravillas finas
c) Gravillas: gravas finas
d) Gravas: gravas medianas y gruesas
e) Roca madre: bolos y roca madre

El sustrato en ríos de páramo se caracteriza por presentar, en su parte baja mayor cantidad de grava, con algunas piedras y bloques de tamaño diferente. En la parte media el sustrato vuelta es de mayor tamaño a los lados del río, mientras que en la parte alta, en su mayoría es más homogéneo (>25 cm), rodeado por sedimento fino. (Cocha, 2009).

Entre las características fundamentales de la variabilidad de los diferentes tipos de sustrato, tenemos (Alba-Hincapié *et al.*, 2016):

a) Estructura física
b) Contenido de materia orgánica
c) Estabilidad

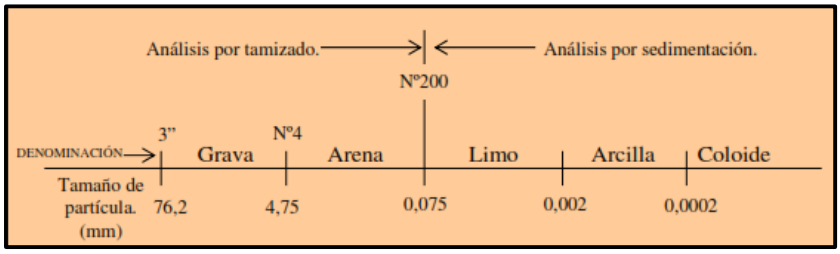
Virtud de lo anteriormente mencionado, por ejemplo cuando existe una alta presencia de sedimentos en los ecosistemas, se presente una densidad de macroinvertebrados menos diversa en contraste de cuando existe presencia de roca, el cual presenta un hábitat propicio para el desarrollo adecuado de los macroinvertebrados.

Su caracterización se la puede realizar mediante una estimación de carácter visual, con base al diámetro de la partícula (Pardo *et al*., 2002):

- Bloques y piedras: > 64 mm
- Arenas: 0.6 – 2 mm
- Cantos y gravas: 2 – 64 mm
- Limos y arcillas: < 0.6 mm

Sin embargo para el caso de gravas y arenas, se recomienda realizar un análisis granulométrico por tamizado, conforme a la normativa de clasificación de suelos ASSTHO, como se indica en la FIGURA 3.7 (Puchol, 2011).

FIGURA 3.7 CONDICIONES DE BORDE DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



FUENTE: Puchol, 2011.

En la FIGURA 3.7, se puede observar que el análisis por tamizado comprende a gravas y arena fundamentalmente, con diámetros comprendidos entre 0,075 y 76,2 mm, hasta pasar el tamiz N° 200; mientras que para diámetros comprendidos entre 0,075 y 0,0002; lo cual corresponde a limos, arcillas y coloides, se recomienda realizar el análisis por sedimentación.

En el análisis granulométrico se considera al tamaño de partícula dentro de la apertura del tamiz de malla cuadrada, por donde pasa el diámetro menor de la partícula, para cada uno de los tamices estandarizados conforme a las normas ASTM C136-01 y ASTM C117-95, de acuerdo a lo que se indica en la TABLA 3.9.

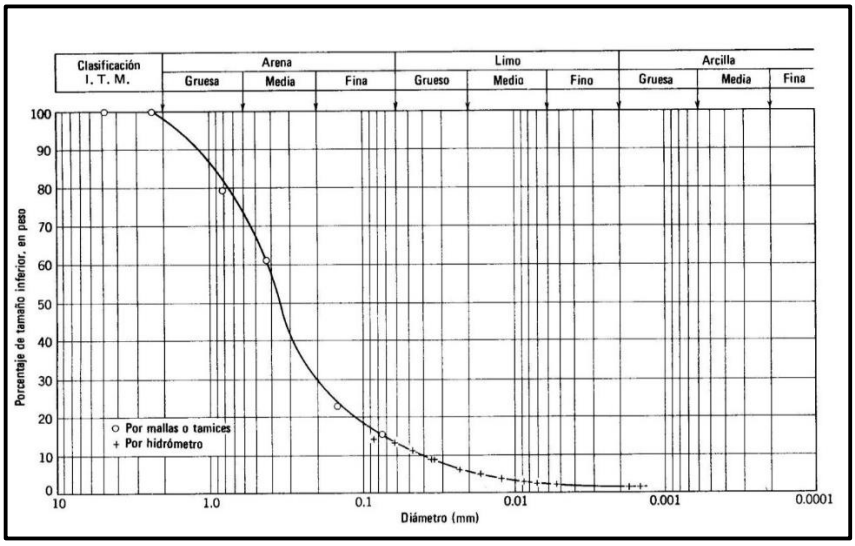
El análisis granulométrico por tamizado, es representado gráficamente a través de la curva granulométrica (FIGURA 3.8), la cual representa los resultados de la composición de sustrato del tamizado de las partículas obtenidas en un laboratorio, a través del peso retenido en cada uno de los tamices estandarizados (Puchol, 2011).

TABLA 3.9 TIPOS DE TAMICES UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

NO TAMIZ	ABERTURA (MM)
1½	38,10
1¼	31,75
1	25,4
3/4	19,05
1/2	12,7
3/8	9,53
4	4,75
8	2,36
16	1,18
30	0,6
50	0,3
100	0,15
200	0,075

FUENTE: Puchol, 2011.

FIGURA 3.8 CURVA GRANULOMÉTRICA LOG-NORMAL (DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE PARTÍCULAS.



FUENTE: Puchol, 2011.

La *"Curva granulométrica"* o *"Distribución acumulada de partículas"* (FIGURA 3.8), relaciona el porcentaje en peso del sustrato que pasa, con el diámetro de apertura de cada uno de las series de tamices ASTM hasta el N°200, a través de una escala logarítmica base 10, desarrollado principalmente para agregados gruesos y finos (arenas) y no para rocas, cantos rodados, limos, arcillas y cantos rodados.

A partir de la curva granulométrica, se evalúa la calidad de la composición del sustrato para agregados finos y gruesos, a través del uso de los siguientes coeficientes, descritos a continuación:

Coeficiente de Uniformidad (Cu) o de Hazen

Considera la relación existente entre el diámetro que corresponde al 60% de peso más fino y el 10% del mismo, el cual indica la pendiente media de la curva granulométrica en su parte central, determinada mediante la siguiente expresión (Puchol, 2011):

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad (3.\ 18)$$

Donde:

D_{60}= Diámetro en mm, que cumpla con el 60% del material tenga un tamaño igual o inferior a él.

D_{10}= Diámetro en mm, que cumpla que el 10% del material tenga un tamaño igual o inferior a é (diámetro efectivo de la partícula).

Asimismo, también indica la proporción existente de partículas del mismo tamaño y su rango de aplicación debe encontrarse dentro de los siguientes límites:

- Cu> 4 gravas
- Cu> 6 arenas

Coeficiente de Curvatura (Cc)

Corresponde a la relación existente entre diámetro de porcentaje 30% y el producto del 60% y 10%, determinado mediante la siguiente expresión (Puchol, 2011).

$$C_c = \frac{D^2{}_{30}}{D_{60}.D_{10}} \qquad (3.\ 19)$$

Donde:

D30= Diámetro en mm, que cumpla con el 30% del material tenga un tamaño igual o inferior a él.

Este coeficiente se caracteriza por describir la suavidad y la forma de la curva de gradación, para lo cual valores Cc muy altos o muy bajos indican que la curva granulométrica es irregular y deberá encontrarse entre 1 y 3 (Puchol, 2011).

En las TABLAS 3.10 y 3.11, se indican los rangos de clasificación de los suelos de acuerdo al diámetro de la partícula y curva granulométrica (distribución acumulada de partículas).

TABLA 3.10 CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON BASE A LA CURVA GRANULOMÉTRICA UTILIZADA EN DIFERENTES PAÍSES.

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	
0,01			Limo medio
0,02			Limo grueso
0,05	Arena fina	Arena muy fina	
0,1			Arena fina
0,25		Arena fina	
0,2			Arena media
0,5	Arena gruesa		
1,0		Arena gruesa	
2,0		Arena muy gruesa	Arena gruesa
3,0	Grava fina	Grava fina	
5,0			Grava
10,0	Grava	Grava	
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	
>20,0			Grava gruesa y piedras

FUENTE: Puchol, 2011.

TABLA 3.11 ESCALA GRANULOMÉTRICA CON BASE A LA CURVA GRANULOMÉTRICA.

ESCALA GRANULOMÉTRICA	
PARTÍCULA	**TAMAÑO**
Arcillas	< 0,002 mm
Limos	0,002-0,06 mm
Arenas	0,06-2 mm
Gravas	2-60 mm
Cantos rodados	60-250 mm
Bloques	>250 mm

FUENTE: Puchol, 2011.

En lo referente al índice de sustrato, este se encuentra expresado mediante la expresión propuesta por Bovee (1982), citada a continuación.

$$\text{Índice de Sustrato} = 0.08\% Bloque + 0.07\%\ cantos + 0.06\%\ grava\ gruesa + 0.05\%\ grava\ fina + 0.04\%\ arena + 0.03\%\ limo \quad (3.\ 20)$$

Cabe acotar que dicho parámetro, es fundamental dentro del desarrollo de las curvas de preferencia hidráulica, considerando que el sustrato forma parte de uno de los parámetros hidráulicos a ser evaluados con la densidad de especies de macroinvertebrados bentónicos.

3.5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

La caracterización de la composición de sustrato, consiste en el cálculo del índice de sustrato, conforme a lo mencionado anteriormente, para los 9 puntos de interés considerados a lo largo de la sección transversal del río Jatunhuayco por cada punto de muestreo (A, B, C y D).

A continuación en los numerales siguientes, se describe la metodología a ser empleada para la determinación de la composición de sustrato dentro de la zona de estudio.

3.5.2.1. Recolección de muestras de sustrato e identificación visual de la composición de sustrato con base al diámetro de la partícula, a lo largo de la zona de estudio.

Consiste en la recolección de muestras de sustrato en cada una de las secciones de interés del cauce del río (eje central y márgenes derecho e izquierdo) para cada uno de los puntos de muestreo considerados dentro del área de influencia de la microcuenca del río Jatunhuayco.

Se colectaron un total de 36 muestras de sustrato (9 por cada punto de muestreo), asociadas a cada punto de muestreo y en concordancia con las series de datos de abundancia de las 22 familias consideradas para toda la zona de estudio,

almacenadas en fundas plásticas debidamente etiquetadas (lugar, fecha, hora), para el posterior traslado de las mismas al Laboratorio de Suelos de la FICA – EPN, para su respectivo análisis granulométrico.

Simultáneamente también se realizó una identificación visual de la composición de sustrato para cada punto de muestreo, considerando el diámetro de las partículas, principalmente en los puntos C y D, donde sí se evidenció la existencia de bloques y cantos rodados (TABLA 3.11).

3.5.2.2. Análisis granulométrico de cada una de las secciones de interés dentro del área de influencia de cada punto de muestreo.

Considerando la realidad de la composición de sustrato de la zona de estudio, donde no se observa presencia de material más fino como arcilla y limos, se escogió la metodología del análisis granulométrico realizada en el laboratorio de mecánica de suelos de la FICA – EPN, para la determinación de la composición de sustrato, tomando en cuenta los respectivos ajustes a considerarse en el porcentaje de grava gruesa, grava fina y arena para los puntos C y D, considerando que en dichos puntos si se cuenta con presencia de bloques y cantos rodados, considerando la diferencia de pesos en porcentaje entre los bloques y cantos rodados con los de la grava y arena.

Con base a lo mencionado, a continuación se procede con la descripción de la metodología empleada para la determinación de la composición de sustrato a través del análisis granulométrico.

1) Tomar la muestra útil para el análisis granulométrico, la cual no deberá sobrepasar un 5 % del peso total de la muestra inicial.
2) Secar las muestras útiles en un horno a una temperatura de 110 ± 5°C.
3) Determinar el peso de muestra útil seca, realizada para cada muestreo multihábitat al azar de tipo cuantitativo con 9 repeticiones contemplado para cada punto de muestreo (A, B, C y D), de acuerdo al ejemplo señalado en la TABLA 3.12, para el punto A_1.

TABLA 3.12 PESO DE MUESTRA ÚTIL SECA, PUNTO A_1

No MUESTRA	PESO RECIPIENTE (g)	PESO RECIPIENTE+ PESO MUESTRA	PESO MUESTRA ANTES DE SECAR	OBSERVACIÓN
1	232,8	818,4	585,6	Punto A aguas arriba de la captación

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

4) Colocar la muestra útil en la malla N° 4, cuidando que el fondo de la misma se encuentre bien ensamblado con la malla, luego taparla y sacudirla durante un lapso de tiempo que oscila de 3 a 5 minutos.
5) Superponer el juego de tamices ASTM de mayor a menor (FIGURA 3.12), con las respectivas aperturas de diámetro, de acuerdo a lo señalado anteriormente en la TABLA 3.9 y verter la muestra que paso por la malla N°4 en la malla superior, verificando previamente que el fondo de las series de tamices esté debidamente colocado (agregados a pasar por el tamiz N° 200).
6) Vibrar manualmente el juego de mallas de los tamices por un período de 15 minutos (FIGURA 3.13).
7) Colocar las porciones retenidas por cada tamiz en charolas y pesar dichas cantidades, considerando que al retirar cada porción de la muestra del tamiz que corresponde, se debe dejar limpias las mallas, con un cepillo y brocha pequeña, que garantice que no exista ningún tipo de alternación de la muestra, tomando en cuenta que en los tamices de menor diámetro, la cantidad de agregado que pasa cada vez es mucho menor.
8) Registrar los datos de los pesos en una tabla de resultados. A continuación como ejemplo en la TABLA 3.13, donde se presentan los resultados de pesos obtenidos para el punto de muestreo A_1.
9) Determinación de composición de sustrato a partir de la curva de distribución del tamaño de partículas, generado a través del análisis granulométrico. A continuación como ejemplo en la TABLA 3.14 y FIGURA 3.9, se presenta la composición de sustrato obtenida para el punto A_1, el cual incluye su respectiva curva de distribución del tamaño de partículas.

TABLA 3.13 RESULTADO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PUNTO A_1.

No TAMIZ	PUNTO A_1 (g)
1½	0
1¼	0
1	0
3/4	0
1/2	0
3/8	0
4	2,1
8	2,0
16	3,1
30	5,6
50	79,1
100	263,8
200	73,9
PESO TOTAL	429,6
PESO MUESTRA ANTES DE SECAR	585,6
PERDIDA	156

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

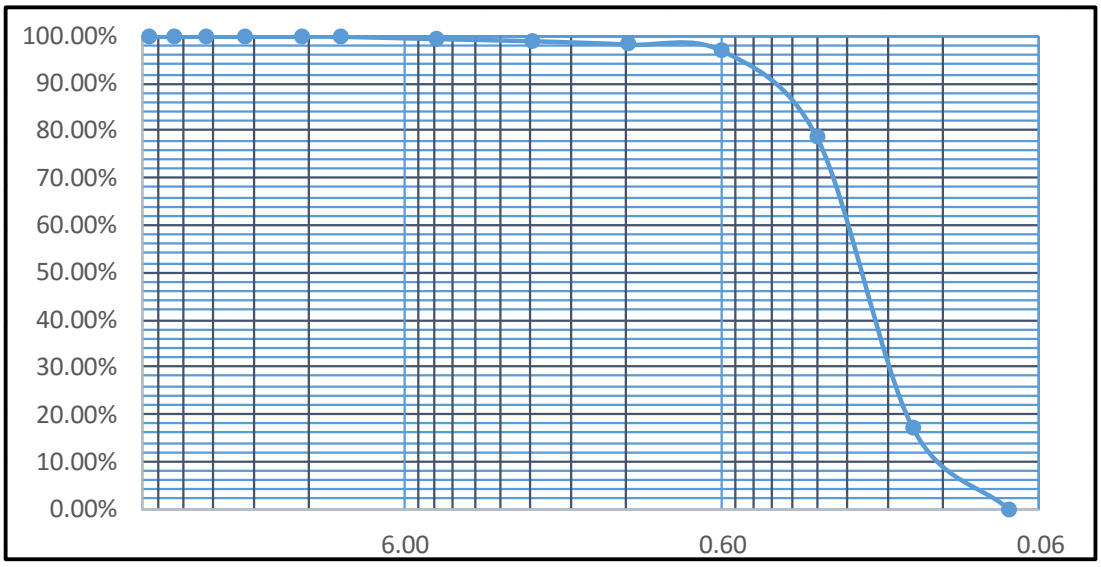
TABLA 3.14 DETERMINACIÓN COMPOSICIÓN DE SUSTRATO POR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PUNTO A_1.

No TAMIZ	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa	Clasificación de Suelo Método AASHTO
			Parcial	Acumulado		
1½	38,10	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
1¼	31,75	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
1	25,4	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
3/4	19,05	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
1/2	12,7	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
3/8	9,53	0	0,00%	0,00%	100,00%	Grava gruesa
4	4,75	2,1	0,49%	0,49%	99,51%	Grava fina
8	2,36	2	0,47%	0,95%	99,05%	Arena Gruesa
16	1,18	3,1	0,72%	1,68%	98,32%	Arena Gruesa

No TAMIZ	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa	Clasificación de Suelo Método AASHTO
			Parcial	Acumulado		
30	0,6	5,6	1,30%	2,98%	97,02%	Arena Gruesa
50	0,3	79,1	18,41%	21,39%	78,61%	Arena Media
100	0,15	263,8	61,41%	82,80%	17,20%	Arena Fina
200	0,075	73,9	17,20%	100,00%	0,00%	Arena Fina
Máximo	**38,10**	**263,80**				
Mínimo	**0,075**	**0,00**				
PESO TOTAL	**-**	**429,6**				
PESO MUESTRA ANTES DE SECAR	**-**	**585,6**				
PERDIDA	**-**	**156**				

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 3.9 CURVA DE DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS, PUNTO A_1.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

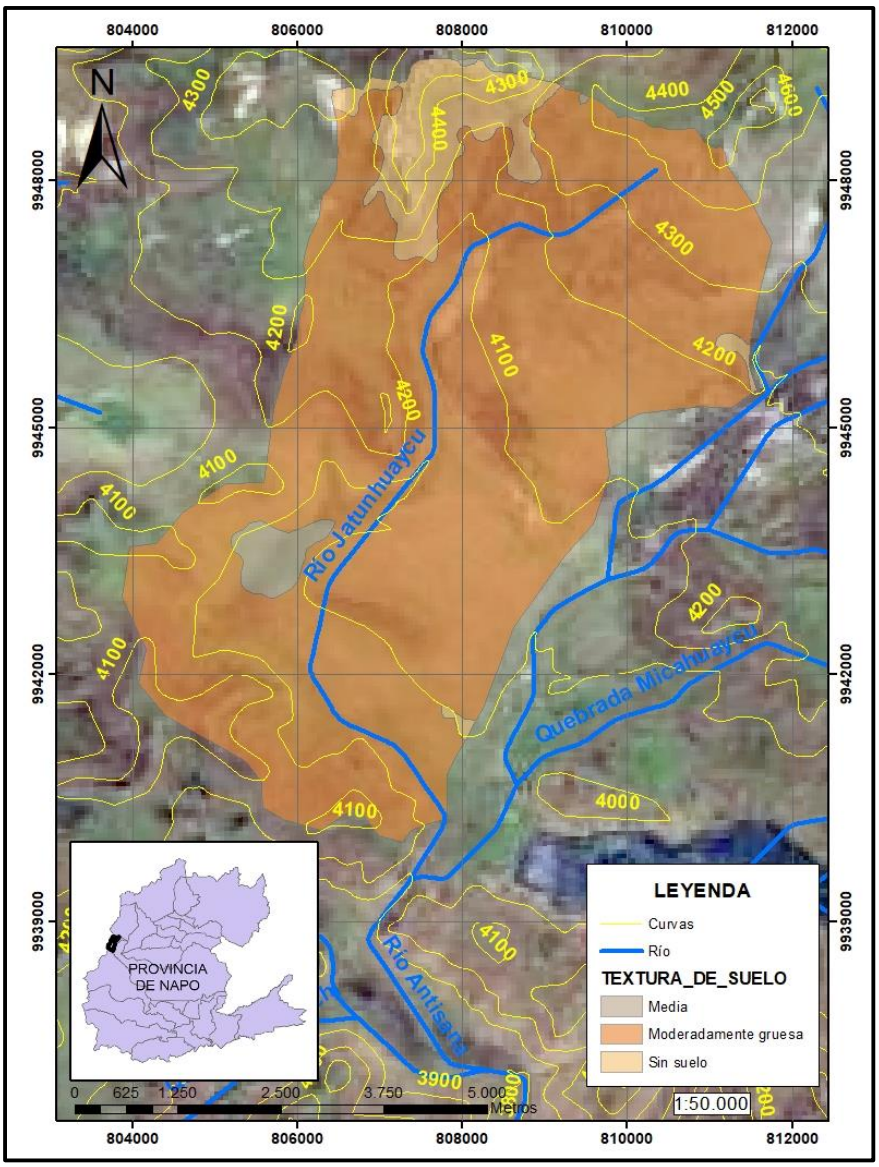
3.5.2.3. Composición de sustrato e índices de sustrato para la zona de estudio.

Una vez ya desarrollados los numerales anteriores, se procede con la determinación de la composición de sustrato (textura del suelo) e índices de

sustrato, para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D), la cual deberá incluir su respectivo análisis de distribución a través del diagrama de cajas o bloxplots.

A continuación en las FIGURAS 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13, se presenta el mapa e imagen de textura de suelo y proceso de análisis granulométrico realizado en la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuayco).

FIGURA 3.10 MAPA DE TEXTURA DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.



FUENTE: FONAG, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 3.11 TIPO DE TEXTURA DE SUELO PRESENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 3.12 SERIE DE TAMICES ASTM UTILIZADOS PARA ENSAYO GRANULOMÉTRICO.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 3.13 TAMIZADO DE MUESTRA DE SUELO

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

3.6. CARACTERIZACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

3.6.1. ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)

Se basa en el método BMWP (Biological Monitoring Working), adoptado en diversos países o regiones y desarrollado en Inglaterra en el año de 1978, generado específicamente para condiciones específicas de ríos tropicales de altura, comprendido entre niveles de 2.000 a 4.000 msnm (Hábitats Andinos y de Páramo), basada en función de la densidad y diversidad de las familias de macroinvertebrados bentónicos (Suarez, 2014).

Se caracteriza por asociar el número de taxones total con un valor de tolerancia y/o intolerancia para una categoría taxonómica de familia, considerando su capacidad de resistencia a la contaminación, de acuerdo a puntuaciones que parten desde 1 (tolerantes) a 10 (sensibles)[7].

Actualmente uno de los problemas del uso de este índice, es que el mismo es de carácter cualitativo, su rango de aplicación a diversos hábitats donde las familias no son similares, sin permitir conocer con un mayor detalle el grado de tolerancia a la contaminación de los mismos, considerando otros aspectos fundamentales del entorno del ecosistema acuático, sin embargo este se ha convertido de manera general en un fuerte indicador de la calidad ecológica de las corrientes andinas y de páramo, principalmente en América del Sur (Suarez, 2014).

El Índice Biótico Andino (ABI) se determinará para cada punto de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2), aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco, con base a la taxonomía de cada una de las especies de macroinvertebrados bentónicos (ANEXO N° 15), determinado a través del uso de la siguiente expresión:

$$ABI_{TOTAL} = ABI_{flia\ 1} + ABI_{flia\ 2} + \ldots ABI_{flia\ n} \qquad (3.21)$$

[7] Suarez, 2014.

Donde:

ABI_{TOTAL}: Sumatoria de los Índices Bióticos Andinos de cada uno de los taxones o familias.
$ABI_{flia\ i}$: Índice Biótico Andino para cada familia o taxón, de acuerdo a los criterios de valoración de calidad del agua a través del uso de indicadores ABI (ANEXO N° 16).

3.6.2. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN (ICO)

Se caracteriza por calificar las diferentes cualidades de las aguas (contaminación), con base a resultados obtenidos de parámetros físico - químicos, complementando el panorama ambiental de un curso hídrico (taxonomía de las especies), propuestos a partir de la experiencia acumulada en programas de monitoreo hidrobiológicos, legislaciones de diferentes países, considerando concentraciones de las diferentes variables y usos del recurso hídrico. Actualmente los mismos han sido verificados mediante resultados arrojados con base a estadísticas multivariadas. (Ramírez, 1997).

Una de sus ventajas, es que son de fácil estimación (matemática o gráficamente) a través de la utilización de un número reducido de variables físico - químicas, permitiendo puntualizar el tipo de problema ambiental existente y con ello complementando al análisis de calidad del agua generado a partir de la taxonomía de las especies (ABI), a través del uso de las variables físico – químicas (DBO_5, sólidos suspendidos, conductividad, coliformes fecales y oxígeno disuelto)[8].

Entre los índices de contaminación, tenemos a los siguientes:

- **Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI):** Se encuentra expresado en función de la conductividad (µS/cm) como reflejo de los sólidos disueltos, la dureza total (mg/l $CaCO_3$) que involucra los cationes calcio y magnesio y la alcalinidad (mg/l $CaCO_3$) en función de los aniones carbonatos y bicarbonatos (Ramírez, 1997).

[8] Ramírez, 1997

El índice ICOMI corresponde al valor promedio de los índices de cada una de las tres variables físico – químicas mencionadas previamente, definidas en un rango de 0 -1; donde los valores próximos a 0 reflejan una muy baja contaminación por mineralización, mientras que los cercanos a 1 reflejan todo lo contrario.

A continuación se describe el proceso matemático para la estimación del mismo, a través de las expresiones propuestas por Ramírez, 1997.

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{CONDUCTIVIDAD} + I_{DUREZA} + I_{ALCALINIDAD}) \quad (3.22)$$

Donde:

$$Log_{10} I_{CONDUCT} = -3{,}26 + 1{,}34 log_{10}.conductividad\ ({}^{\mu S}/_{cm}) \quad (3.23)$$

$$\boldsymbol{I_{CONDUCT} = 10^{Log_{10} I_{CONDUCT}}} \quad (3.24)$$

Para conductividades mayores a 270 $\mu S/cm$, se considera un índice de conductividad igual a 1.

$$\boldsymbol{Log_{10} I_{DUREZA} = -9{,}09 + 4{,}40 log_{10}.dureza\ (g.m^{-3})} \quad (3.25)$$

$$\boldsymbol{I_{CONDUCT} = 10^{Log_{10} I_{DUREZA}}} \quad (3.26)$$

Para durezas mayores a 110 g.m^{-3} se considera un I_{Dureza} = 1, mientras que para durezas menores a 30 g.m^{-3} se considera un I_{Dureza} = 0.

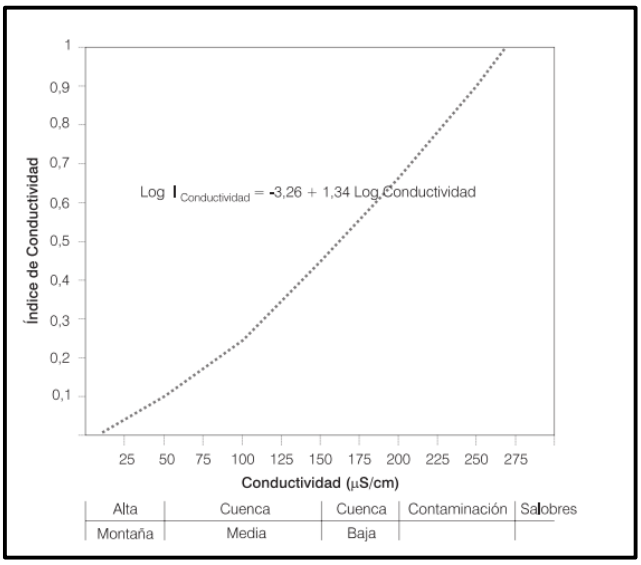
$$\boldsymbol{I_{ALCAL} = -0{,}25 + 0{,}005\ Alcalinidad\ (g.m^{-3})} \quad (3.27)$$

Para alcalinidades mayores a 250 g.m^{-3} se considera un $I_{Alcalinidad}$ = 1, mientras que para alcalinidades menores a 50 g.m^{-3} se considera un $I_{Alcalinidad}$ = 0.

En las FIGURAS 3.14, 3.15 y 3.16, se presenta el método gráfico, con el cual se pueden calcular los diferentes índices de conductividad, dureza y alcalinidad necesarios para el cálculo final del índice de contaminación por

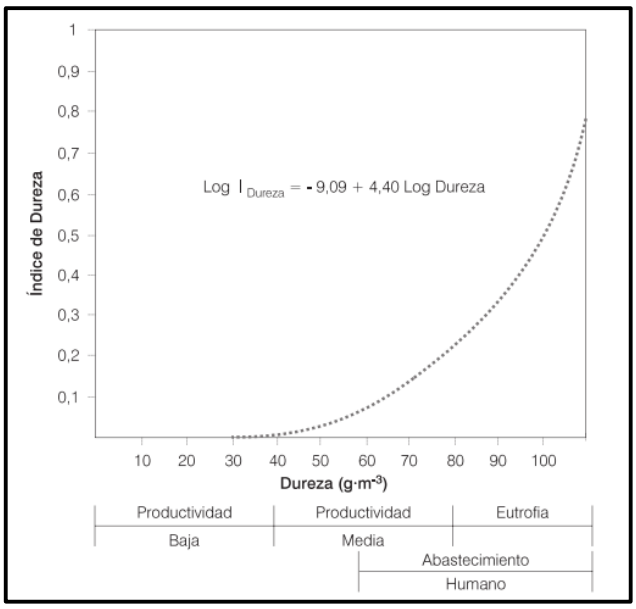
mineralización (ICOMI), el cual incluye la caracterización de las aguas tomando en cuenta sus diferentes usos y el tipo de cuenca, propuesto por Ramírez, 1997.

FIGURA 3.14 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA CONDUCTIVIDAD



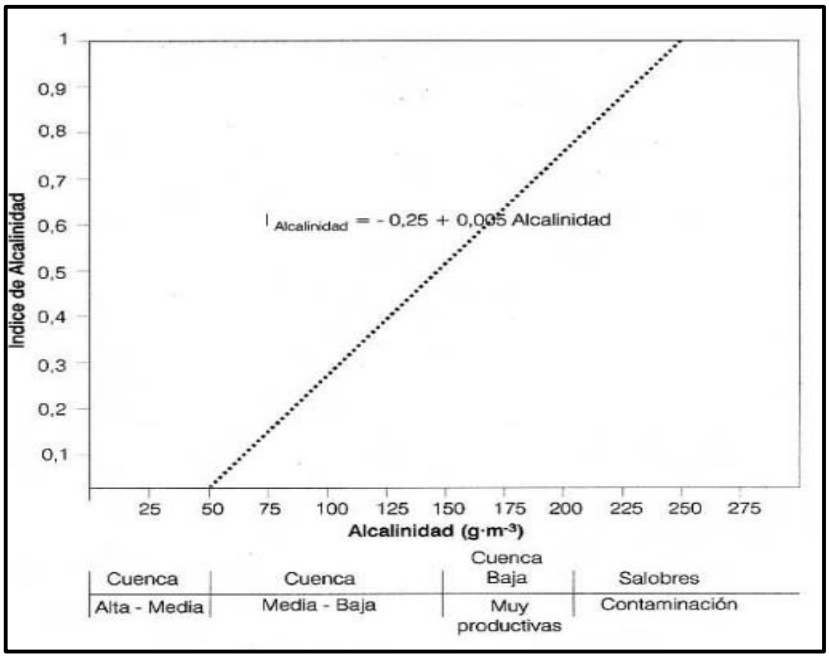
FUENTE: Ramírez, 1997.

FIGURA 3.15 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA DUREZA



FUENTE: Ramírez, 1997.

FIGURA 3.16 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA ALCALINIDAD



FUENTE: Ramírez, 1997.

- **Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO):** Se encuentra en función de las variables: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de oxígeno disuelto saturado, donde las dos primeras variables reflejan fuentes diversas de contaminación orgánica y la tercera expresa la respuesta ambiental del cuerpo de agua, para este tipo de contaminación (Ramírez, 1997).

  A continuación se describe el proceso matemático, a través de las expresiones propuestas por Ramírez, 1997, para la determinación del índice ICOMO.

$$\boldsymbol{ICOMI = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{COLIFORMES\ TOTALES} + I_{OXÍGENO\ \%})} \qquad (3.28)$$

Donde:

$$\boldsymbol{I_{DBO} = -0,05 + 0,70\ log_{10} DBO\ (g.m^{-3})} \qquad (3.29)$$

Para demandas bioquímicas de oxígeno (DBO) mayores a 30 g.m^{-3} se considera un I_{DBO} = 1, mientras que para DBO menores a 2 g.m^{-3} se considera un I_{DBO} = 0.

$$\boldsymbol{I_{COL.TOT.} = -1,44 + 0,56\, log_{10} COL.TOT.\,(NMP.\,100\, cm^{-3})} \qquad (3.30)$$

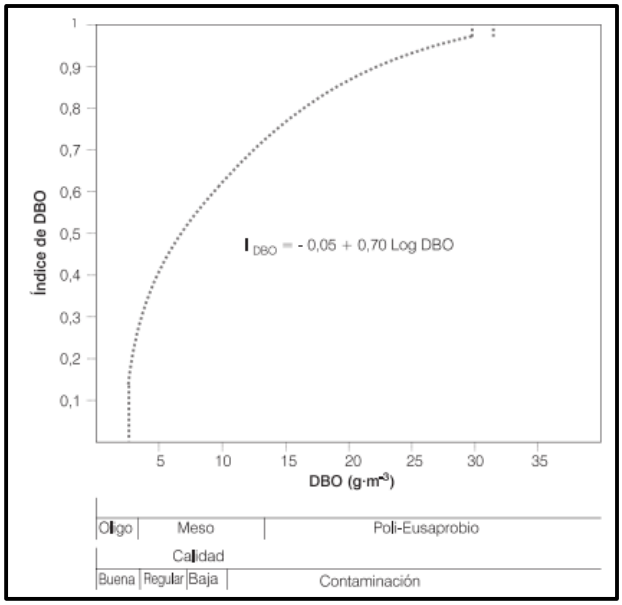
Para coliformes totales mayores a 200 NMP. 100 cm^{-3} se considera un $I_{COL.TOT.}$= 1, mientras que coliformes totales menores a 500 NMP. 100 cm^{-3} se considera un $I_{COL.TOT.}$ = 0.

$$\boldsymbol{I_{OXÍGENO\,\%} = 1 - 0,01\, oxígeno\,\%} \qquad (3.31)$$

Para oxígenos (%) mayores a 100 % se considera un $I_{OXÍGENO}$ % = 1.

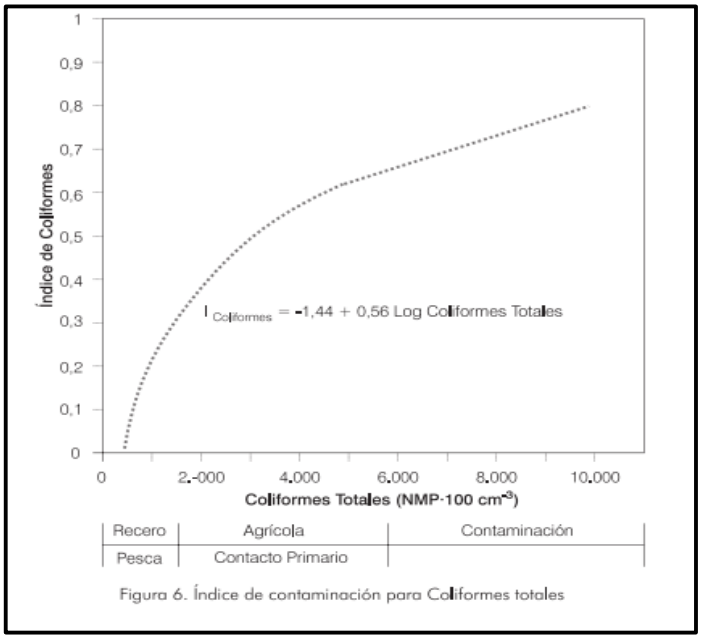
En las FIGURAS 3.17, 3.18 y 3.19, se presenta el método gráfico, con el cual se pueden calcular los diferentes índices de DBO, coliformes totales y oxígeno en porcentaje, necesarios para el cálculo final del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), el cual incluye la calidad de agua de la misma, propuesto por Ramírez, 1997.

FIGURA 3.17 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.



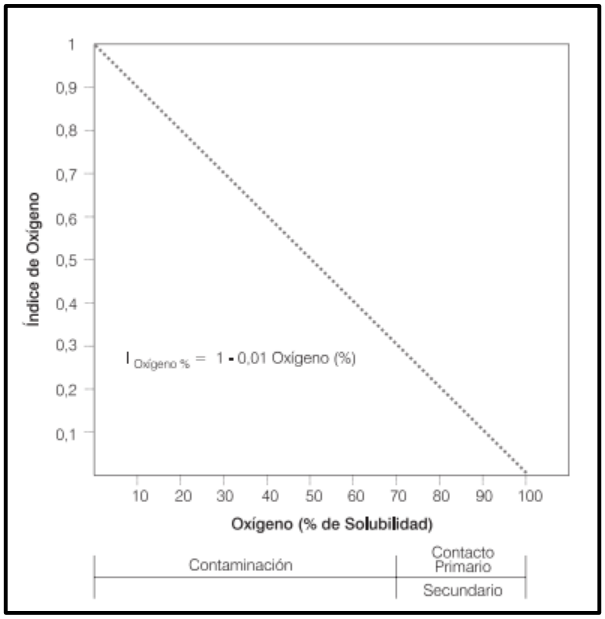
FUENTE: Ramírez, 1997.

FIGURA 3.18 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA LOS COLIFORMES TOTALES.



FUENTE: Ramírez, 1997.

FIGURA 3.19 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA PORCENTAJE DE OXÍGENO DISUELTO SATURADO.



FUENTE: Ramírez, 1997.

- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS):** Se expresa en función de los sólidos suspendidos, determinado por la siguiente expresión, propuesta por Ramírez, 1997.

$$\boldsymbol{ICOSUS} = -0{,}02 + 0{,}003\ sólidos\ suspendidos\ (g/m^3) \qquad (3.32)$$

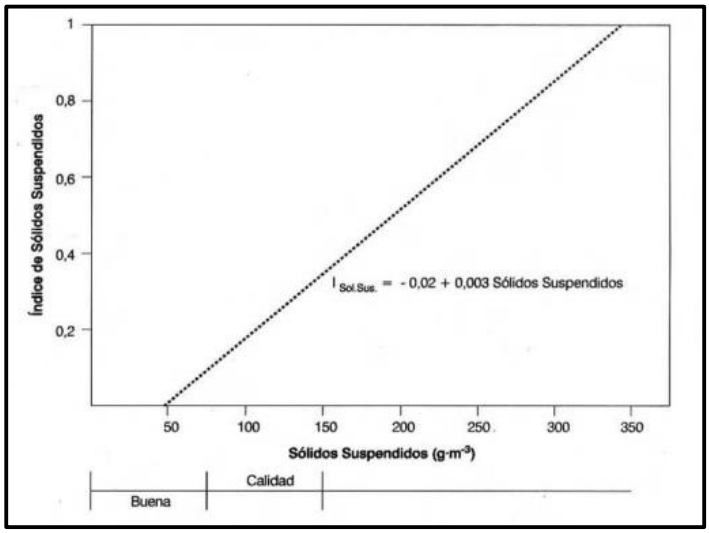
Donde:

Sí los sólidos suspendidos son mayores a 340 g/m^3, ICOSUS = 1

Sí los sólidos suspendidos son menores a 10 g/m^3, ICOSUS = 1

A continuación en la FIGURA 3.20, se presenta la metodología gráfica para la estimación del índice ICOSUS, el cual incluye la calidad del agua, propuesta por Ramírez, 1997.

FIGURA 3.20 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN PARA SÓLIDOS SUSPENDIDOS



FUENTE: Ramírez, 1997.

Con base a los antecedentes previamente señalados, a continuación en la TABLA 3.15, se presentan los rangos de categorización de los diferentes índices de contaminación.

TABLA 3.15 CATEGORIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

RANGO	NIVEL DE CONTAMINACIÓN
0-0,2	Muy buena
0,21-0,4	Buena
0,41-0,6	Media
0,61-0,8	Mala
0,81-1	Pésima

FUENTE: Ramírez, 1997.

El cálculo de los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), materia orgánica (ICOMO) y sólidos disueltos (ICOSUS), se lo realizará a través del uso de las ecuaciones indicadas anteriormente, para su posterior análisis con base a los rangos de categorización de los índices de contaminación propuestos por Ramírez, 1997 y mostrados en la TABLA 3.15; a partir de los resultados de los parámetros físico – químicos existentes (conductividad, DBO_5, Coliformes Fecales, Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y porcentaje de oxígeno disuelto saturado) para los diferentes puntos de muestreo por cada campaña.

Para el proceso de determinación de los índices de contaminación (ICO), se tomará el valor máximo[9], de cada una de las variables físico – químicas correspondientes a cada muestreo multihábitat al azar de tipo cuantitativo con 9 repeticiones, a partir del cual se generarán cada uno de sus índices (ICOMI, ICOMO e ICOSUS), para cada punto de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña realizada (1 y 2).

En los ANEXOS N° 17 y N° 18, se presentan los resultados obtenidos de los diferentes índices ABI para cada campaña (1, 2) para cada punto de muestreo (A, B, C y D), y los diferentes índices de contaminación (ICO) generados por cada punto de muestreo (A, B, C y D) para cada campaña (1 y 2), aguas arriba, aguas abajo y la totalidad de la zona de estudio.

[9] ANEXO N° 11

3.7. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

A partir de la caracterización e identificación de macroinvertebrados generados en los numerales anteriorres, a continuación se procede con el análisis comparativo entre la densidad de los macroinvertebrados bentónicos identificados y las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato) para el caso de estudio, conforme al desarrollo de las actividades descritas a continuación:

1) Análisis de regresión lineal múltiple entre la densidad de macroinvertebrados bentónicos (riqueza de Margalef, Shannon y Simpson) con las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato).

2) Análisis de regresión polinomial múltiple entre los índices de diversidad de especies (riqueza de Margalef, Shannon y Simpson) con las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato).

3) Determinación de las familias predominantes para la microcuenca del río Jatunhuyaco, a partir de la caracterización de los macroinvertebrados bentónicos realizado en subcapítulo 3.4.1.

4) Análisis multivariado estadístico, a través de un análisis de componentes principales entre las familias predominantes con las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato).

5) Análisis de regresión lineal múltiple entre los índices de diversidad y las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato), para cada una de las familias predominantes.

A continuación en los numerales siguientes, se describe a detalle la metodología a emplearse para el cálculo de cada uno de los ítems mencionados anteriormente.

3.7.1. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL Y POLINOMIAL MÚLTIPLE ENTRE LA DENSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

3.7.1.1. Análisis de regresión lineal múltiple

Consiste en establecer la función lineal múltiple ($y= ax_1+bx_2+cx_3+d$), para cada uno de los índices de diversidad de especies o de Shannon, Dominancia de Simpson y riqueza de Margalef de la población de macroinvertebrados bentónicos identificada para la zona de estudio con sus preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato), que permita evaluar la correlación existente entre los mismos, a partir del análisis y aplicación de los conceptos y ecuaciones planteadas en el subcapítulo 3.4.1.3, correspondiente a la *"densidad y diversidad de macroinvertebrados"*.

Con base a lo mencionado, se establece la regresión lineal múltiple, considerando a los índices de diversidad de especies (riqueza de Margalef, Shannon y Simpson) como variables dependientes (y), y como variables independientes (X_1, X_2 y X_3) a las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato), de acuerdo al proceso descrito a continuación:

1) Ordenamiento de los diferentes índices de diversidad y preferencias hidráulicas obtenidos para cada una de las familias por cada campaña, las dos campañas, aguas arriba, aguas abajo y totalidad de la zona de estudio, para los nueve muestreos al azar realizados en cada punto muestreo (A, B, C, D).
2) Construcción del diagrama de dispersión entre los datos de los diferentes índices de diversidad de especies y las preferencias hidráulicas, de acuerdo a lo desarrollado en el numeral anterior.
3) Determinación de la ecuación múltiple lineal ($y = ax_1+bx_2+cx_3+d$) para cada uno de los índices de diversidad de especies.
4) Elaboración de la matriz de correlaciones (Pearson) entre los diferentes índices de diversidad de especies y las preferencias hidráulicas.

5) Análisis de los resultados mostrados en la matriz de correlaciones, entre cada uno de los índices de diversidad de especies con las preferencias hidráulicas, con base a las consideraciones planteadas en los subcapítulos 3.4 y 3.5.
6) Presentación de los resultados finales con los índices de diversidad mayormente correlacionados con las diferentes preferencias hidráulicas, para cada uno de los puntos de muestreo por cada campaña, las dos campañas, aguas arriba, aguas abajo y totalidad de la zona de estudio.

3.7.1.2. Análisis de regresión polinomial múltiple

Consiste en establecer la función polinomial múltiple ($y= a+bx_1+cx_2+dx_3+ ex_1^2+fx_2^2+gx_3^2$), para cada uno de los índices de diversidad de especies (riqueza de Margalef, Shannon y Simpson) de la población de macroinvertebrados bentónicos para la zona de estudio con sus preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato), que permita evaluar la correlación existente entre los mismos, a partir del análisis y aplicación de los conceptos planteados en el subcapítulo 3.3, correspondiente a *"Conceptos estadísticos".*

Con base a lo mencionado, se establece la regresión polinomial múltiple, considerando a los índices de diversidad de especies (riqueza de Margalef, Shannon y Simpson) como variables dependientes (y), y como variables independientes (X_1, X_2 y X_3) a las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad e índice de sustrato), conforme a la metodología ya explicada en el numeral anterior.

3.7.2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP)

Consiste en el desarrollo de un análisis multivariado de redundancia a través de un análisis de componentes principales entre las familias predominantes de la zona de estudio, determinadas en el subcapítulo 3.4.1.2 y las preferencias hidráulicas (velocidad, profundidad y sustrato) determinadas para la zona de estudio, teniéndose como objetivo evaluar el grado de correlación existente entre la abundancia de cada familia predominante con cada una de las preferencias

hidráulicas, además de la influencia de cada una de estas variables en relación a la densidad de especies de macroinvertebrados bentónicos.

Dentro del análisis multivariado mencionado, se consideran los siguientes parámetros:

- Variables estadísticas
- Matriz de correlaciones de todas las variables involucradas
- Variabilidad y relevancia de cada variable o factor correlacionado.
- Círculo de correlaciones
- Distribución de las diferentes observaciones (puntos de muestreo).

Entre las fases prioritarias a considerarse en el desarrollo del ACP, tenemos las siguientes:

3.7.2.1. Análisis de la matriz de correlaciones

Entre las matrices de correlaciones clásicas del ACP tenemos a las de Pearson (matrices de covarianza asignan mayor peso a las variables con varianzas más altas), Spearman (adecuada cuando se ejecuta un ACP sobre variables con distribuciones diferentes) y polinómicas (adecuadas para variables ordinales) (López, 2016).

Para el caso del presente estudio se utilizará la matriz de correlaciones, con los índices de correlación establecidos por Pearson.

3.7.2.2. Selección de factores

Esta selección se la realiza de tal forma que el primer factor o variable, recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original; el segundo factor deberá recoger la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente, de tal forma que el total de factores sea elegido de aquellos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente, a los cuales se los denominará *“componentes principales”.*

3.7.2.3. Análisis de la matriz factorial

Una vez seleccionados los componente principales, estos se representan en forma de matriz denominada *"matriz factorial"* , donde cada elemento de la misma representa los coeficientes factoriales de las variables (correlaciones entre las variables y los componentes principales), por lo tanto tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables (López, 2016).

3.7.2.4. Interpretación de los factores

Para que un factor sea fácilmente interpretable, se considera que tenga las siguientes características (López, 2016):

- Coeficientes factoriales próximos a 1
- Una variable debe tener coeficientes elevados con un solo factor
- No deben existir factores con coeficientes similares

3.7.2.5. Cálculo de las puntuaciones factoriales

Corresponden a las puntuaciones que tienen los componentes principales para cada caso, que nos permitan posteriormente una representación gráfica y calculada mediante la siguiente expresión (López, 2016):

$$X_{ij} = a_{ij}.Z_{ij} + .. + a_{ik}.Z_{kj} = \sum_{s=1}^{k} a_{is}.Z_{sk} \qquad (3.33)$$

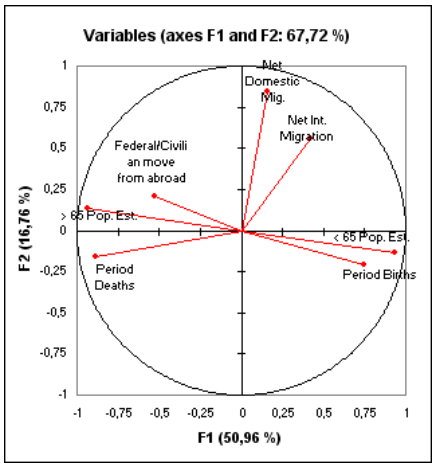
Donde:
a: Coeficientes factoriales
Z: Valores estandarizados que tienen las variables en cada uno de los sujetos de la muestra.

3.7.2.6. Interpretación del círculo de correlaciones

Se caracteriza por mostrar la proyección de las variables dentro de un espacio factorial, como por ejemplo, cuando dos variables están lejos del centro, tenemos varias posibilidades: si están próximas la una a la otra, están positivamente correlacionadas (r próximo a 1); si son ortogonales no están correlacionadas (r

próximo a 0); si están en lados opuestos con respecto al centro están negativamente correlacionadas (r próximo a -1), como se indica como ejemplo en la FIGURA 3.21.

FIGURA 3.21 CIRCULO DE CORRELACIONES



FUENTE: López, 2016

Sin embargo para la verificación final del círculo de las correlaciones y establecer con ello que cada variable esté vinculada con su eje, es importante revisar la tabla de cosenos al cuadrado: cuanto mayor es el coseno cuadrado, mayor es el vínculo con el eje analizado, como se presenta en la FIGURA 3.22, citada a continuación:

FIGURA 3.22 TABLA DE COSENOS AL CUADRADO

Squared cosines of the variables:

	F1	F2	F3	F4
Net Domes	0.026	0.707	0.175	0.029
Federal/Civ	0.280	0.044	0.041	0.623
Net Int. Mi	0.174	0.317	0.463	0.017
Period Birt	0.559	0.043	0.043	0.074
Period Dea	0.780	0.026	0.002	0.002
< 65 Pop.	0.874	0.017	0.055	0.015
> 65 Pop.	0.874	0.017	0.055	0.015

FUENTE: López, 2016

3.7.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE ENTRE DENSIDAD DE CADA FAMILIA PREDOMINANTE CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Similar al proceso de regresión lineal múltiple generado en el subcapítulo 3.7.1., se procede con el análisis de correlación existente entre los índices de diversidad de especies (H, D) de cada familia predominante con cada preferencia hidráulica (velocidad, profundidad e índice de sustrato), la cual será posteriormente analizada con los resultados previamente obtenidos en el análisis de regresión lineal y polinomial múltiple generados para toda la densidad de especies (subcapítulo 3.7.1) y el análisis de componentes principales (subcapítulo 3.7.2), que permitan definir las familias, índices de diversidad y preferencias hidráulicas, a ser consideradas en el desarrollo de las curvas de preferencia hidráulicas predominantes para la zona de estudio, como parte de los objetivos planteados en la presente investigación.

3.8. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICAS PARA EL RÍO JATUNHUAYCO.

Las curvas de preferencia hidráulica, son utilizadas normalmente para conocer la mayor o menor adaptabilidad de los macroinvertebrados en un microhábitat específico con base a la generación de curvas con funciones de preferencia, considerando a variables hidráulicas, como: profundidad, velocidad media del agua y composición de sustrato, predominantes para la caracterización de los macroinvertebrados bentónicos en los diferentes ecosistemas loticos, tomando en cuenta que la superficie útil corresponde a la disposición de los macroinvertebrados bentónicos dentro de un microhábitat específico, representadas en forma de curva de probabilidad de uso, cuyos picos indican la condición óptima o de máxima idoneidad de una especie para un determinado parámetro, evaluadas a partir de un coeficiente que varía de 0 a 1, donde 1 define el estado máximo de adecuación y 0 como un estado nulo de adecuación (Cardona, 2012; Tharme, 2003).

Las curvas de preferencia son de vital importancia en la estimación de los regímenes de caudales ambientales, a través de los métodos eco hidráulicos (modelación de hábitat fluvial), ya que este combina adecuadamente el micro entorno hidráulico con las curvas de preferencia para los diferentes organismos objetivo, creando con ello campos de calidad del microhábitat dentro de un dominio fluvial (Diez-Hernández, 2006), a más de ser una herramienta necesaria para el cálculo del régimen de caudales ambientales en el contexto del IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) y en particular para el modelo de simulación del hábitat fluvial PHABSIM (Physical Habitat Simulation System)[10].

Estas funciones de preferencia hidráulicas o también denominadas curvas de preferencia en su mayoría son mono variables, donde su respectiva correlación entre variables puede ser evaluada mediante regresiones simples polinomiales y lineales. Se basan en la suposición de los individuos de una especie, tienden a seleccionar áreas dentro del cauce en las que se producen las combinaciones hidráulicas más favorables, concluyendo por lo tanto que la probabilidad de uso y ocupación por parte de los individuos dependerá directamente de las condiciones hidráulicas existentes en la zona de estudio (Cardona, 2012).

3.8.1. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA.

Las curvas de preferencia se desarrollan mediante cuatro técnicas de análisis (Cardona, 2012):

1. Análisis de frecuencias
2. Análisis de intervalos de tolerancia y valores óptimos
3. Ecología de la especie
4. Análisis indirecto de los parámetros

1. *Análisis de frecuencias:* Uno de los métodos más útiles, ya que la forma de la curva se puede determinar directamente de los datos obtenidos, los cuales

[10] Cardona, 2012.

se obtienen a través de mediciones directas en aquellos puntos donde se ha observado la presencia de la especie a ser analizada.

2. *Análisis de intervalos de tolerancia y valores óptimos:* Utilizado preferencialmente cuando no se dispone de datos de observación directa, para lo cual se obtendrá los datos a través de bibliografía existente tomando en cuenta rangos de tolerancia y valores óptimos dados por diferentes autores.

3. *Ecología de la especie:* Consiste en obtener los datos a través de bibliografía sobre la utilización del hábitat para una determinada especie, traduciéndose en una curva de preferencia aproximada.

4. *Análisis indirecto de los parámetros:* Consiste en simular las condiciones hidráulicas para poder llegar a determinar valores tolerables.

Generalmente se representan a través de la relación existente entre la índices de idoneidad de hábitat como variable dependiente (abundancia taxonomía de las especies de macroinvertebrados), expresada en una escala de 0 (hábitat menos idóneo) a 1 (hábitat más idóneo) mediante su respectiva normalización con cada una de las preferencias hidráulicas como variables independientes (velocidad, profundidad y sustrato)[11].

3.8.2. CATEGORIZACIÓN DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA

Tomando en cuenta la procedencia de los datos, técnica de análisis de los datos y juicio profesional, se ha llegado a establecer 4 categorías de las curvas de preferencia (Mayo, 2000).

Categoría I: Contempla las curvas más generales, en las que se hayan agrupado todos los datos obtenidos en campo, procedentes de diversas fuentes bibliográficas e incorporando los criterios técnicos por parte de los profesionales,

[11] Cardona, 2012

aquí se puede considerar que las curvas de preferencia hidráulicas generadas son aplicables a la totalidad de su distribución geográfica y para todo el ciclo anual.

Categoría II: En este tipo de curvas de preferencia, sólo se consideran los datos de campo recolectados para un río específico, aquí se contempla la realización de un análisis de frecuencias de los datos obtenidos para cada uno de los parámetros hidráulicos en relación a cada especie existente en la zona de estudio, por lo tanto este tipo de curvas de preferencia son sólo aplicables para el sitio donde se han obtenido los datos.

Categoría III: En este tipo de curvas de preferencia, sólo se consideran los datos de campo recolectados para un río específico, aquí se contempla la realización de un análisis de frecuencias de los datos obtenidos para cada uno de los parámetros hidráulicos en relación a cada especie existente en la zona de estudio, por lo tanto este tipo de curvas de preferencia son sólo aplicables para el sitio donde se han obtenido los datos.

Categoría IV: En este tipo de curvas de preferencia, contempla la interacción entre dos o más parámetros suponiendo un efecto sinérgico entre ambos; de tal forma que se pueden modificar las preferencias individuales de cada uno de los parámetros cuando se consideran en su conjunto.

Por lo tanto las curvas de las categorías II y IV sólo pueden ser utilizadas en el lugar de donde proceden los datos obtenidos, mientras no se pueda comprobar su validez para otro lugar. Las curvas para las categorías I y III pueden ser utilizadas en cualquier lugar, ya que representan las preferencias de la especie en general; para la categoría I por la amplitud de los datos utilizados y en la categoría III por la eliminación del factor de disponibilidad inherente al lugar de procedencia de los datos (Mayo, 2000).

3.8.3. METODOLOGÍA CORRESPONDIENTE AL DESARROLLO DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICA.

Una vez identificadas las familias, índices de diversidad y preferencias hidráulicas obtenidas de acuerdo a la metodología explicada en los numerales anteriores, se procede con la construcción de las curvas de preferencia para cada una de las especies seleccionadas, a través del proceso descrito a continuación:

1) Ordenar y agrupar los valores observados para cada preferencia hidráulica (velocidad, profundidad e índice de sustrato) en función a la teoría de datos agrupados (clase, intervalo y frecuencia).
2) A continuación se calcula el valor promedio de la diversidad para cada intervalo seleccionado.
3) Luego, se realiza un gráfico de dispersión entre los valores promedios de los índices de diversidad y las variables estadísticas, ajustando la misma a una curva polinomial de segundo grado.
4) Como punto final la curva polinomial previamente generada, se ajusta a una distribución normal a través de los conceptos y ecuaciones establecidas en los diferentes tipos normalización de variables (general, estándar, log normal) de los distintos valores de índices de diversidad, los cuales permitirán generar los coeficientes de idoneidad de hábitat comprendidos entre 0 y 1, alcanzándose su mayor idoneidad cuando este valor vale 1 (Cardona, 2012).

3.9. GENERACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO CONCEPTUAL PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

3.9.1. GENERALIDADES

Los modelos hidrológicos actualmente son herramientas utilizadas en el campo de la gestión de los recursos hídricos, las cuales permiten la simulación y predicción de fenómenos físicos de un sistema a corto y largo plazo, relaciones causa – efecto, sin realizar cambios en sistemas reales, sin embargo siempre presentarán un cierto grado de incertidumbre asociado a los datos de entrada y

supuestos a ser requeridos para la generación de la modelación. Su metodología presenta la siguiente estructura (Mena, 2010):

1. Identificación del sistema a modelar
2. Definición del problema
3. Determinación del objetivo de la modelación
4. Análisis de disponibilidad de datos
5. Análisis y selección del modelo hidrológico que se adapte de mejor manera a las condiciones del área de estudio.
6. Calibración del modelo
7. Evaluación del desempeño del modelo (validación)
8. Utilización del modelo con fines predictivos

3.9.2. TIPOS DE MODELOS

Entre los tipos de modelos hidrológicos de carácter general, se podrían identificar los siguientes:

Modelo físico: El modelo físico se basa en leyes físicas que rigen los ciclos hidrológicos, como: leyes de las de conservación y energía (Mena, 2010).

Modelo empírico: El modelo empírico se basa en relaciones estadísticas entre las diferentes variables utilizadas, expresadas mediante ecuaciones válidas, únicamente cuando están debidamente calibradas (Mena, 2010).

Modelo conceptual: El modelo conceptual es intermedio, ya que considera leyes físicas que rigen el ciclo hidrológico de manera simplificada y expresadas en ecuaciones matemáticas (Mena, 2010).

Modelo lineal: A un modelo hidrológico se lo considera como lineal cuando cumplen con los siguientes principios fundamentales (Mena, 2010):

- Principio de superposición o adición, donde la respuesta del sistema de entrada es igual a la suma de sus respuestas a las entradas individuales.

- Principio de proporcionalidad, caracterizado porque la entrada y salida del sistema tienen una igual escala proporcional.

Modelo global: Se considera cuando los parámetros no varían espacialmente dentro de la cuenca, evaluándose solo la respuesta de la cuenca de salida (Mena, 2010).

Modelo distribuido: Cuando la variación espacial de los parámetros es parcial se considera un modelo semidistribuido, mientras que cuando es completa el modelo es distribuido, sin embargo para esto se necesita una gran cantidad de datos (Mena, 2010).

3.9.3. METODOLOGÍA CORRESPONDIENTE AL DESARROLLO DEL MODELO HIDROLÓGICO CONCEPTUAL.

En los numerales siguientes se detalla con su respectiva metodología, los diferentes elementos que conforman el modelo hidrológico conceptual para la zona de estudio, planteado como uno de los propósitos fundamentales de la presente investigación y como parte del *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos contemplado para la microcuenca del río Jatunhuayco"*.

3.9.4. ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

A continuación en el orden indicado, se describe la metodología empleada para la estimación de las precipitaciones máximas, medias y mínimas en la microcuenca del río Jatunhuayco.

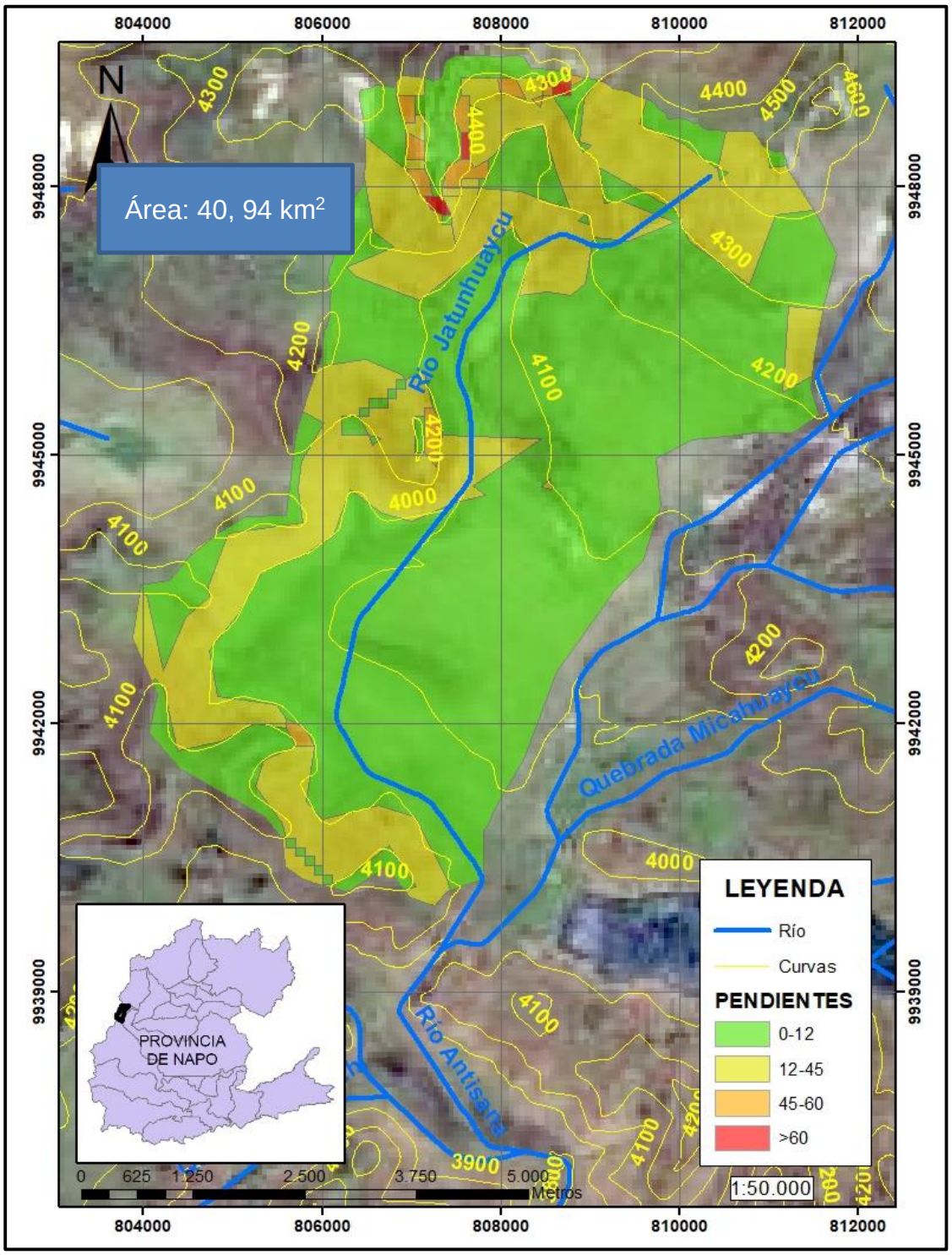
3.9.4.1. Determinación del área de la microcuenca de estudio

Para la determinación del área de la microcuenca de estudio, se procede con el trazado de la microcuenca de estudio, tomando en cuenta los siguientes parámetros y el desarrollo de las siguientes actividades, descritas a continuación:

- Curvas de nivel con base a información cartográfica existente para la zona (curvas de nivel con escala 1: 25.000).
- Información a través de shapes de los ríos del Ecuador, seleccionándose para el presente caso de estudio el río Jatunhuayco.
- Trazado de las líneas de cumbre, la cual consiste en unir los picos de cada curva de nivel sin que estas se corten, ni corten ningún tipo de afluente aledaño, siendo su punto de drenaje la captación Jatunhuyaco, lugar donde actualmente se encuentra captándose el recurso hídrico.
- Tomando en cuenta todos los ítems indicados anteriormente, se procede con la determinación del área de la microcuenca de la zona de estudio, la cual corresponde al área del polígono generado.

A continuación en la FIGURA 3.23, se presenta de manera gráfica el proceso descrito anteriormente para la determinación del área de la microcuenca de estudio, el cual incluye el análisis de pendientes.

FIGURA 3.23 TRAZADO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO (INCLUYE PENDIENTES).



FUENTE: EPMAPS & FONAG, 2014

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

3.9.4.2. Selección e identificación de las Estaciones Meteorológicas relevantes para la Zona de Estudio.

Una vez ya identificada el área de la microcuenca de la zona de estudio, se procede con la selección e identificación de las estaciones meteorológicas seleccionadas con base a los siguientes aspectos relevantes:

- Distancias de las mismas con respecto al centro de gravedad del área de la cuenca (d=25 km).
- Altitud de las estaciones meteorológicas en relación a los pisos altitudinales de la microcuenca de estudio (máxima, media y mínima).
- Series de Datos disponibles (número de años consecutivos con datos de precipitación).

En el ANEXO N° 19, se presenta la selección e identificación de las estaciones meteorológicas relevantes para la zona de estudio.

3.9.4.3. Relleno de Series de Datos de Precipitaciones de las diferentes Estaciones Meteorológicas seleccionadas.

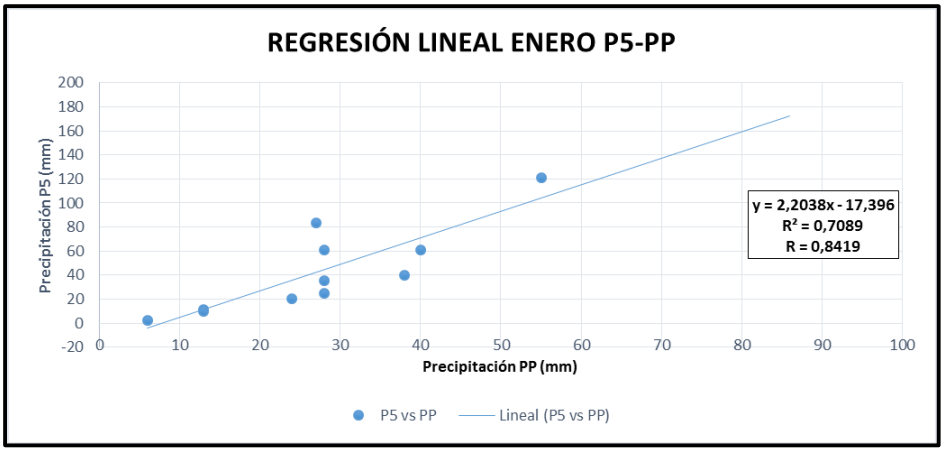
Para el relleno de las series de datos de las precipitaciones para cada una de las estaciones seleccionas, se utilizó el siguiente procedimiento:

- Selección de una estación base (variable dependiente), la cual corresponderá a la que cuente con una mayor serie de datos continuos, dentro del período evaluado.
- Identificación de las estaciones con series de datos en blanco (variables independientes).
- Construcción del diagrama de dispersión entre la estación base y la estación y/o estaciones a rellenar.
- Regresión lineal simple entre las dos estaciones, analizando que el coeficiente de correlación entre las mismas sea mayor o igual a 0,7.

- Relleno de datos faltantes a través de la ecuación que representa la regresión lineal (ANEXO N° 20).

A continuación, como ejemplo en la FIGURA 3.24 y TABLA 3.16, se presenta como ejemplo el análisis de regresión lineal generado para el mes de enero entre las estaciones meteorológicas La Mica y Ppáramo, con sus respectivos datos rellenados.

FIGURA 3.24 REGRESIÓN LINEAL ENERO P5-PP



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En la FIGURA 3.24 se indica la ecuación lineal característica de la relación existente entre las estaciones meteorológicas PP y P5, para el mes de enero; con un coeficiente de correlación de 0,84; a partir de la cual se establecen las precipitaciones del mes de enero, correspondientes a los años 1999 y 2000, para la estación La Mica.

TABLA 3.16 DATOS RELLENADOS PARA LA ESTACIÓN LA MICA A TRAVÉS DE LA PPÁRAMO.

MES			
ENERO	ESTACIÓN DE RELLENO	ESTACIÓN BASE	NÚMERO DE DATOS RELLENADOS
	LA MICA	PPÁRAMO	2
CÓDIGO	P5	PP	
ALTITUD (msnm)	3930	4059	

				DATOS FINALES RELLENADOS
N°	**AÑOS**	**ENE**	**ENE**	**ENE**
1	**1995**	11	13	11
2	**1996**	61,1	40	61,1
3	**1997**	121,3	55	121,3
4	**1998**	83,6	27	83,6
5	**1999**		86	**172,13**
6	**2000**		49	**90,59**
7	**2001**	40	38	40
8	**2002**	25	28	25
9	**2003**	20	24	20
10	**2004**	2	6	2
11	**2005**	10	13	10
12	**2006**	60,8	28	60,8
13	**2007**	35	28	35

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

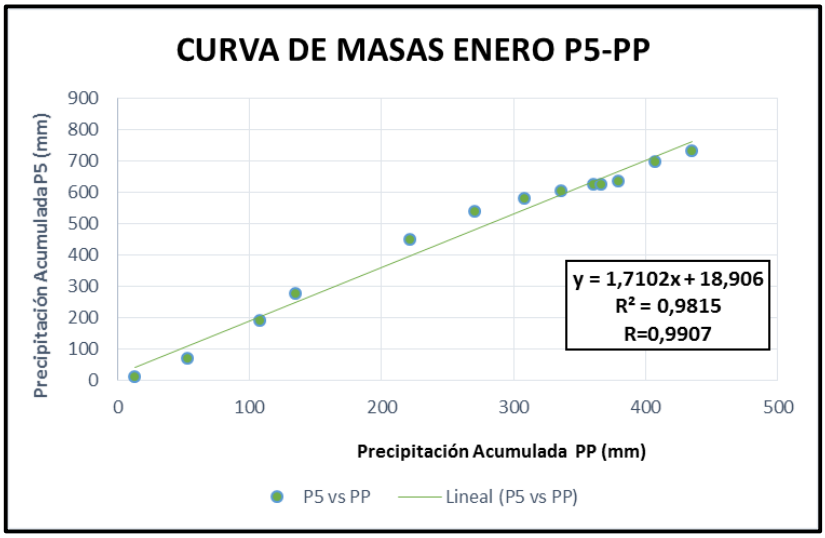
Cabe acotar que este proceso descrito y presentado anteriormente se lo realiza para cada mes en la que estación seleccionada no disponga de una serie de datos completa.

3.9.4.4. Validación de Datos Rellenados

Consiste en la elaboración de la curva de doble masa o acumulada para cada estación rellenada, la cual se basa en el análisis de regresión lineal para los valores de precipitación acumulados rellenados, siempre identificando que los valores de los coeficientes de correlación sean mayores a 0,7, conforme al marco teórico planteado en el subcapítulo 3.3, correspondiente a *"conceptos estadísticos"*.

A continuación en la FIGURA 3.25, se presenta como ejemplo la "curva de doble masa" generada para el mes de enero entre las estaciones meteorológicas de La Mica y Ppáramo.

FIGURA 3.25 CURVA DE DOBLE MASA O ACUMULADA MES DE ENERO P5-PP.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

El respectivo proceso se lo deberá realizar para cada mes en la que estación meteorológica no disponga con una serie de datos completa, como una validación de los datos previamente rellenados, que permita identificar a su vez la existencia de algún tipo de error en el proceso del relleno de datos.

En el

, se presentan todas las ecuaciones de la curva de doble masa generadas para el relleno de las series de datos de precipitaciones de todas las estaciones seleccionadas dentro del área de estudio.

3.9.4.5. Datos definitivos y validados de precipitaciones

Una vez realizado el proceso anterior de manera cíclica, se obtiene toda la serie de datos rellenados de las diferentes estaciones consideradas dentro del período analizado.

A continuación en el ANEXO N° 21, se presentan todas las estaciones meteorológicas seleccionadas en el área de estudio, con las series de datos de precipitaciones rellenados, que permitan posteriormente el desarrollo de los

polígonos de Thiessen para la estimación de las precipitaciones máximas, medias y mínimas para la microcuenca del río Jatunhuayco.

3.9.4.6. Polígonos de Thiessen

Los Polígonos de Thiessen, permiten estimar las precipitaciones para una zona de influencia específica, a través de una media ponderada de las variables meteorológicas con respecto al área de influencia de cada estación seleccionada (SAGARPA, 2015).

Con base a lo mencionado, a continuación se describe el proceso a desarrollarse para la determinación del área de influencia a considerarse para cada estación.

a) En un mapa de la zona de estudio, se unen las estaciones contiguas entre sí mediante segmentos.
b) Se trazan las mediatrices de dichos segmentos
c) A través de la intersección de estas mediatrices se determinan una serie de polígonos con superficie A_j.
d) El valor de la variable meteorológica de cada estación interior al polígono (cuenca o microcuenca de estudio), se la considerará como la media ponderada en todo el polígono, dada por la siguiente expresión:

$$Y = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^{n} Y_i A_i \qquad (3.34)$$

Donde:

Y: Variable meteorológica para la zona de estudio

Y_i: Variable meteorológica de la estación

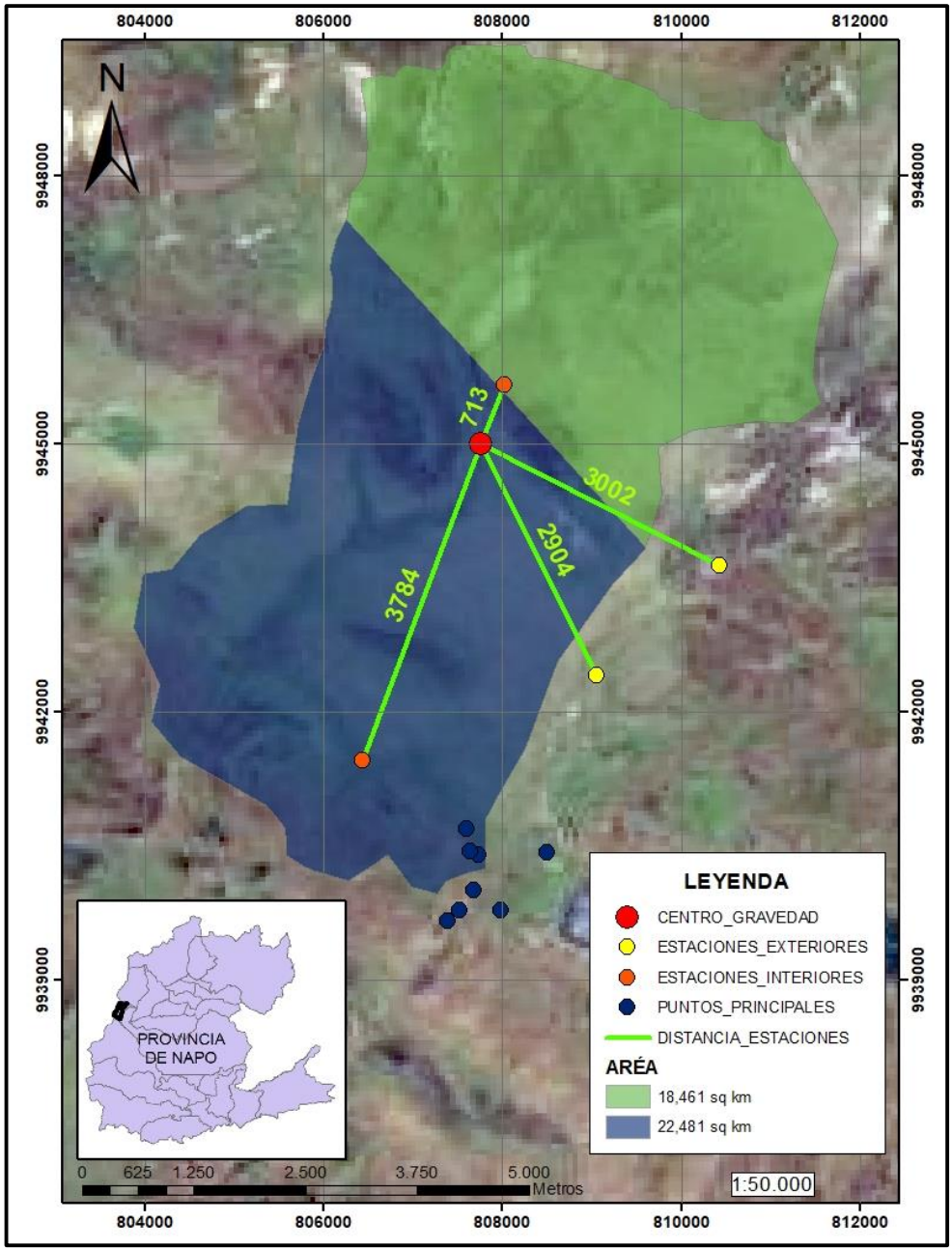
A_i: Áreas de los polígonos de Thiessen

A_t: Área total del polígono de Thiessen

Por lo tanto los Polígonos de Thiessen, se definen como la distribución de las precipitaciones en las diferentes estaciones a través de polígonos o áreas de influencia, suponiendo que estos reciben una misma intensidad de precipitación con respecto a su centro de gravedad (SAGARPA, 2015).

A continuación en la FIGURA 3.26, se presenta los Polígonos de Thiessen desarrollados para la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuayco).

FIGURA 3.26 POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO CON BASE A LA UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS.



FUENTE: INAMHI, 2012.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la zona de estudio los Polígonos de Thiessen, se realizarán con base a las consideraciones señaladas anteriormente, con la ayuda del programa ArcGis, para las precipitaciones medias, máximas y mínimas, de cada una de las estaciones rellenadas, a través del siguiente procedimiento:

- Ubicación de las estaciones meteorológicas seleccionadas debidamente georreferenciadas en el programa ArcGis (UTM, WGS84).
- Creación de los polígonos de Thiessen a través de la herramienta *"83aract Thiessen polygon"*, entre el área de la microcuenca y las diferentes estaciones meteorológicas seleccionadas.
- Determinación de los valores de precipitaciones medias, máximas y mínimas para cada área de influencia de la superficie total de la microcuenca de estudio a través de los polígonos de Thiessen, y posterior estimación de las mismas para la superficie total de la microcuenca del río Jatunhuayco para cada mes del año, a través del uso de la ecuación 3.34.

3.9.5. CÁLCULO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

El cálculo de temperaturas máximas, medias y mínimas, se lo realizará con base a información existente por parte del INAMHI para las estaciones meteorológicas de Papallacta, Izobamba, Tumbaco y La Tola, debido a la ausencia de datos existentes de temperatura de estaciones aledañas al área de estudio.

El proceso de estimación se lo realizará considerando los mismos conceptos y principios utilizados en el numeral anterior hasta el relleno de los datos de las estaciones, luego se procederá con la determinación de las ecuaciones de temperaturas máximas, medias y mínimas, a través de la regresión lineal entre la altitud y el valor de temperatura correspondiente a la media para cada mes de cada estación seleccionada, multiplicada por un factor de ajuste (relación entre las altitudes de las estaciones con las de la zona de estudio), tomando en cuenta que el piso altitudinal de las estaciones es mucho menor a la de la zona de intervención.

En los ANEXOS N° 22 y N° 23, se presentan las estaciones meteorológicas con las series medias mensuales de temperaturas completas, así como las diferentes ecuaciones generadas para la estimación de las temperaturas máximas, medias y mínimas en la microcuenca del río Jatunhuayco.

3.9.6. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS, MEDIOS Y MÍNIMOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO).

La estimación de los caudales máximos, medios y mínimos en la microcuenca del río Jatunhuayco, se la realizará a través de los métodos del Caudal Base de Mantenimiento, Tessman y Curva de Duración General, a partir de la serie de datos de caudales medios mensuales, existentes en el estudio *"Bases y Criterios para la Determinación de Caudales Ecológicos en Ríos Altoandinos Tropicales"*, propuesto por Yépez, 2016.

A continuación se presentan las distintas metodologías empleadas, para el desarrollo del modelo hidrológico conceptual, planteado en el presente trabajo de investigación.

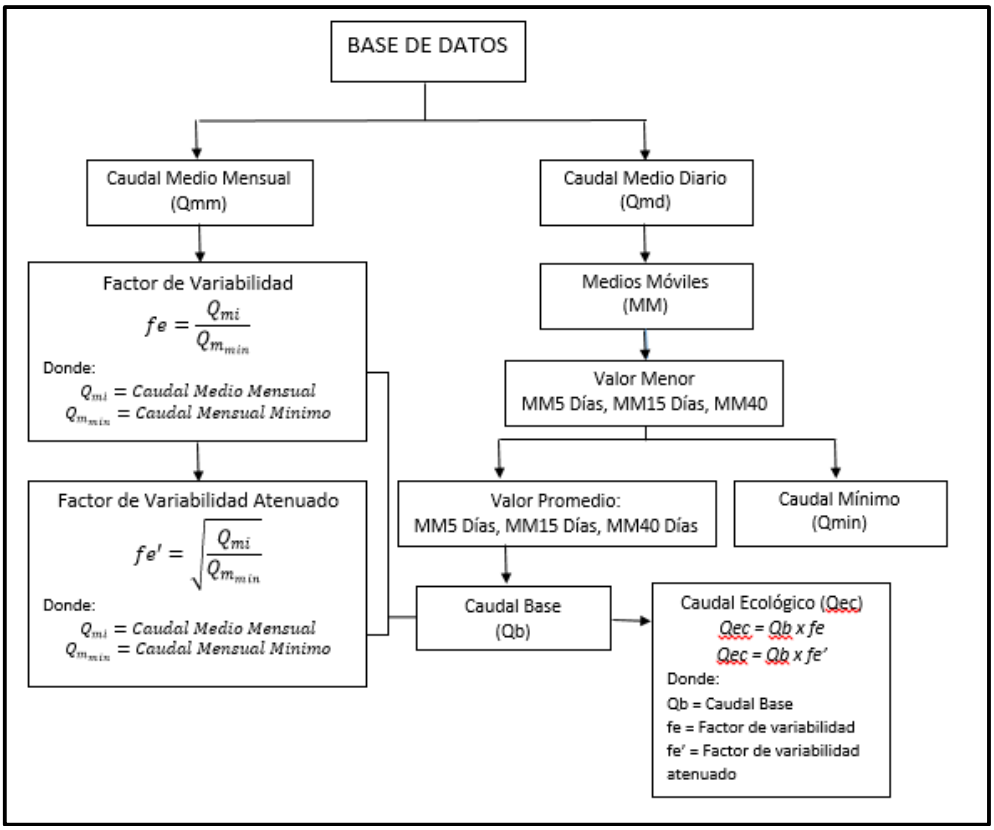
3.9.6.1. Métodos del Caudal Base de Mantenimiento

Este método parte de que todos los componentes del hábitat fluvial: composición del sustrato, velocidad, profundidad, calidad de agua, disponibilidad de alimento, vegetación de la rivera dependen del régimen de caudales, es decir que el caudal es la variable independiente. Po lo tanto el caudal y sus variaciones determinan los factores físicos y bióticos del hábitat fluvial, por lo que este caudal tiene como característica principal mantener la funcionalidad biológica y garantizar la continuidad de las comunidades naturales por medio de la presencia de un caudal ecológico (SAGARPA, 2015).

Por lo tanto, este método permite contar con una variación de caudales intra-anual ya que como algunos autores lo mencionan en Ecuador la variación intra-anual es importante (SAGARPA, 2015).

A continuación en la FIGURA 3.27, se indica la metodología de cálculo a emplearse para la estimación de caudales, representado a través de un diagrama de flujo.

FIGURA 3.27 DIAGRAMA DE FLUJO DESARROLLO DEL MODELO DE CAUDAL BASE DE MANTENIMIENTO.



FUENTE: SAGARPA, 2015

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base al diagrama de flujo presentado en la FIGURA 3.27, a continuación se detalla el proceso a seguir para la estimación del caudal base.

1. Partimos de una Base de datos, los cuales son los caudales medios mensuales y caudales medios diarios, los cuales nos ayudarán a encontrar el promedio de cada mes.
2. Determinamos el caudal medio mensual mínimo.
3. Con el caudal medio mensual y medio mensual mínimo procedemos a calcular los factores de Variabilidad y Variabilidad atenuado.

4. Determinamos las medias móviles de 5, 15 y 40 de los últimos días, los valores de las medias móviles son el promedio de los caudales medios diarios.
5. Determinamos las medias móviles menores de los caudales medios diarios, con los días de 5, 15, 40 obteniendo el menor valor y este es nuestro valor del caudal mínimo.
6. Con los valores promedios de los caudales medios diarios de 5, 15, 40 de los últimos días y los factores de variabilidad obtendríamos nuestro Caudal Base.
7. Con el Caudal Base aplicamos la ecuación, con el que obtendremos nuestro caudal ecológico.

3.9.6.2. Método de Tessman

Conocido comúnmente como el método de Tennant modificado, consiste en el cálculo de los caudales mínimos a través de la comparación de un porcentaje determinado del caudal medio interanual (Q_{an}) con el caudal medio mensual (Q_{mes}), a partir del uso de una serie de datos de caudales diarios o medios mensuales, obteniéndose para este último resultados de valores de caudales mínimos un poco mayores (Mayo, 2000).

Correspondiendo al caudal mínimo, aquel que satisface una de las siguientes ecuaciones:

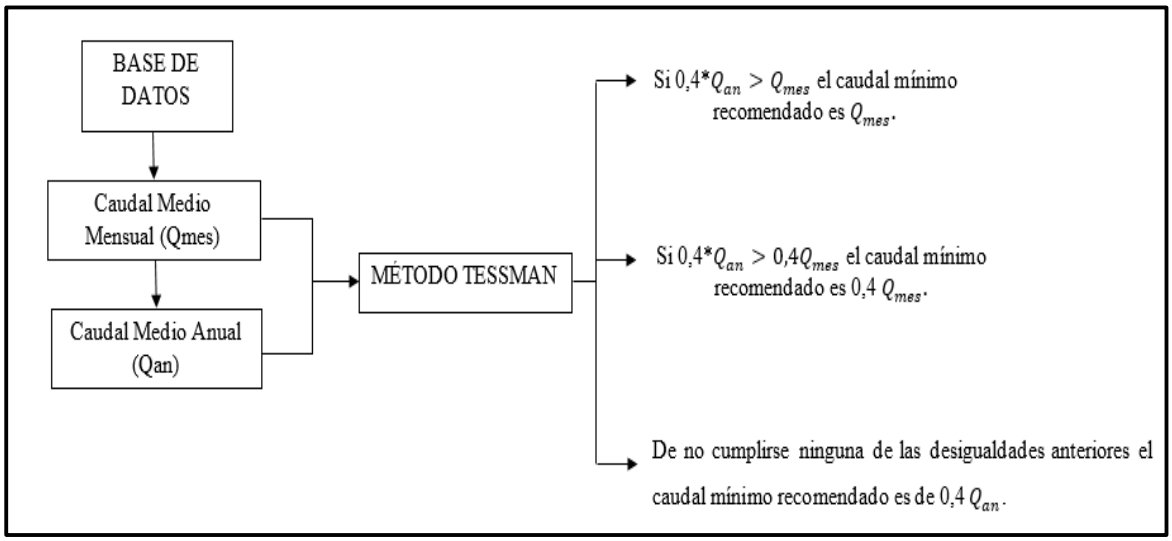
- Si 0,4*$Q_{an} > Q_{mes}$ el caudal mínimo recomendado es Q_{mes}.
- Si 0,4*$Q_{an} > 0{,}4Q_{mes}$ el caudal mínimo recomendado es 0,4 Q_{mes}.
- De no cumplirse ninguna de las desigualdades anteriores el caudal mínimo recomendado es de 0,4 Q_{an}.

Donde:

Q_{an}= caudal medio anual.
Q_{mes}= caudal medio mensual.

A continuación, en la FIGURA 3.28, se presenta a través de un diagrama de flujo, la metodología de Tessman correspondiente a la estimación del caudal mínimo.

FIGURA 3.28 DIAGRAMA DE FLUJO MÉTODO DE TESSMAN



FUENTE: Mayo, 2000

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

A continuación con base al diagrama de flujo presentado en la FIGURA 3.28, se detalla la metodología a ser empleada para la estimación de caudales mínimos a través del uso del método de Tessman.

1. Partimos de una Base de Datos de caudales medios diarios, con los cuales obtendremos un valor promedio que será el caudal medio mensual.
2. Ya obteniendo los caudales mensuales, sacamos un promedio de todos los meses y este será el caudal medio anual.
3. Con el caudal medio mensual y caudal medio anual, se obtiene el caudal ecológico por el Método Tessman.
4. Con el Método Tessman aplicamos las condiciones:
    - Si 0,4*$Q_{an} > Q_{mes}$ el caudal mínimo recomendado es Q_{mes}.
    - Si 0,4*$Q_{an} > 0{,}4Q_{mes}$ el caudal mínimo recomendado es 0,4 Q_{mes}.
    - De no cumplirse ninguna de las desigualdades anteriores el caudal mínimo recomendado es de 0,4 Q_{an}.

3.9.6.3. Curva de Duración General

Gráfica que sirve para el análisis de frecuencias de los datos de caudales, representando a partir de aquello la distribución de frecuencias acumuladas de ocurrencia para un caudal determinado, la cual permite evaluar caudales máximos, medios y mínimos, constituyéndose en una base para conocer la distribución de caudales a lo largo del tiempo, como punto de partida en la elaboración de diseños de obras hidráulicas como por ejemplo captaciones (Monsalve, 1995).

Se tiene al caudal (Q) como ordenada, y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo en que el caudal (Q) puede ser excedido o igualado ubicado en el eje de las abscisas, expresado mediante la siguiente expresión (SAGARPA, 2015):

$$P = \frac{m}{n+1}\ x\ 100 \qquad (3.35)$$

Donde:

P= Probabilidad de ocurrencia
m= Número de orden
n= Número de años de registro

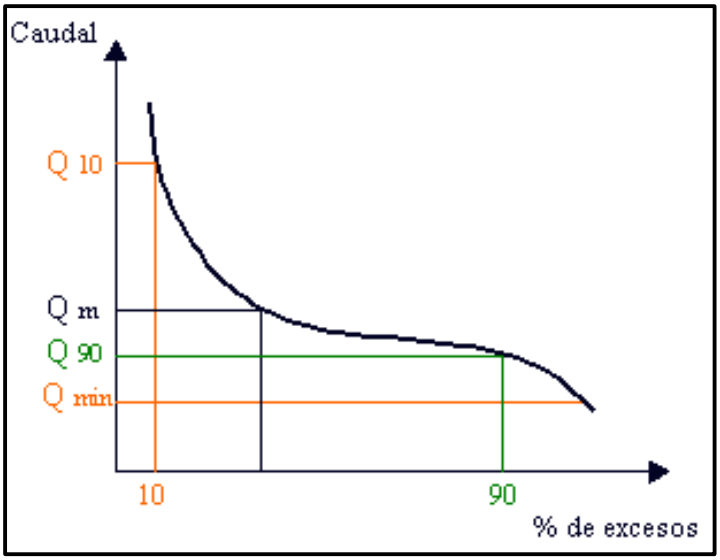
Son utilizadas de preferencia en la planificación de los recursos hídricos, con el propósito de evaluar el potencial hidroeléctrico de un río, control de inundaciones, diseño sistemas de drenaje, cálculo de cargas de sedimentos, estudios de estimación de caudal ecológico (10% de la probabilidad de no excedencia), entre otros (SAGARPA, 2015).

Entre los rangos de aplicación para caudales máximos, medios y mínimos que considera la curva de Duración General, tenemos los siguientes:

- 90 – 95 % probabilidad de excedencia: Caudal ecológico (Q_{90},Q_{95})
- 70% probabilidad de excedencia: Caudal mínimo (Q_{70})
- 10% probabilidad de excedencia: Caudal máximo (Q_{10})
- 50% probabilidad de excedencia: Caudal medio (Q_{50})

A continuación en la FIGURA 3.29, se muestran los rangos de aplicación de caudales máximos, medios y mínimos establecidos, así como su representación gráfica.

FIGURA 3.29 ESCALAS DE CAUDALES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS A PARTIR DE LA CURVA DE DURACIÓN GENERAL.



FUENTE: SAGARPA, 2015.

Por lo tanto, la curva de duración general es un parámetro importante que permite evaluar los diferentes tipos de caudales existentes en una cuenca hidrográfica como: medios, máximos, mínimos y ecológicos, a partir de las probabilidades de excedencia, conforme a lo indicado anteriormente, por lo que a continuación se indicará la metodología a emplearse para el desarrollo de la curva de duración general para la microcuenca del río Jatunhuayco (zona de estudio).

1. Se obtiene una base de datos históricos de caudales medios diarios del rio.
2. Ordenamos todos los caudales medios diarios de mayor a menor
3. Numeramos los caudales diarios con el fin de saber el número total de caudales registrados.
4. Determinamos el número de clases y el ancho de cada clase para agrupar los caudales.
5. Determinamos la frecuencia en que aparecen los caudales.

6. Determinamos el porcentaje en que puedan aparecer los caudales.
7. Construimos la Curva de Duración General, en el eje de las x colocamos los porcentajes de probabilidad de excedencia y en el de las y los caudales representativos de cada clase.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE RÍOS DE PÁRAMO

En el Ecuador existen aproximadamente 1’250.000 de hectáreas de páramo, aproximadamente un 6% del territorio nacional, y así como en todos los países andinos, todos los sistemas fluviales nacen del páramo, como: sistemas de riego, agua potable e hidroelectricidad; los cuales dependen principalmente de su capacidad de regulación hídrica, de allí la importancia de la conservación de las cuencas de alta montaña y sus ríos (Camacho *et al.,* 2008; Castellanos & Serrato, 2008).

Los ríos de páramo son considerados como zonas prioritarias a conservar, debido a su importancia ecológica y económica por los servicios ambientales que presentan, entre estos: recarga de acuíferos, mantenimiento de agua en calidad y cantidad, retención de sedimentos y disponibilidad de hábitat (Acosta *et al.*, 2009).

Estos ríos se caracterizan por presentar bajas temperaturas, variaciones climáticas durante el día, humedad relativa superior al 80% alrededor de todo el año, precipitación continua, baja evapotranspiración, variabilidad de factores ambientales, estados de heterogeneidad de hábitat fluviales y calidad de vegetación de ribera, topografía irregular definida por pendientes pronunciadas, flujo turbulento, sustrato variable, cobertura vegetal escasa con presencia de musgos y las algas filamentosas, disminución de riqueza de fauna ictiológica, poca diversidad de peces y prestación de servicios como: agua potable, riego e hidroelectricidad. (Alomía & Chimbo, 2014; Castellanos & Serrato, 2008).

Actualmente estos ríos se han visto degradados por la presencia de factores como: disminución de caudal, variaciones del régimen hidráulico causado por presas, aporte de aguas residuales, actividades productivas, modificación de suelos, pérdida de cobertura vegetal por deforestación, expansión de fronteras agrícolas,

quema de pajonal, sobrepastoreo, ganadería y plantaciones forestales (Anderson *et al.,* 2011; Hofstede & Mena, 2004).

Con base a lo mencionado, a continuación en las TABLAS 4.1 y 4.2, se presenta una descripción general de los diferentes ecosistemas de ríos de páramo existentes en el Ecuador, así como sus características generales que incluyen los diferentes parámetros considerados en la elaboración de las curvas de preferencia hidráulicas y modelo hidrológico conceptual, con el propósito de que estos puedan ser comparados y analizados, con los resultados obtenidos para la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuayco), generando así el *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en los microhábitats de ríos de páramo"*, objetivo principal de la presente investigación.

TABLA 4.1 TIPOS DE ECOSISTEMAS DE PÁRAMO DEL ECUADOR

TIPO	DISTRIBUCIÓN	ESPECIES CARACTERÍSTICAS
Páramo de Pajonal	Es el más extenso y cubre cerca del 70% de la superficie total del páramo en el Ecuador.	Calamagrostis, Festuca y Stipa, con manchas boscosas de Polylepis, Buddleja, Oreopanax y Miconia; arbustos como Valeriana, Chuquirahua, Arcytophyllum y Pernettya.
Páramo de Frailejones	Páramos norteños del Carchi y Sucumbíos, con una pequeña porción en los Llanganates.	Espeletia pycnophylla o frailejones, aunque la forma de vida dominante es el pajonal.
Páramo herbáceo de almohadillas	Sector de las Antenas, páramo de la Virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca.	Azorella, Werneria y Plantago.
Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas.	Es una combinación de ambas formas de vida, sin un dominio claro de ninguna, a través de un análisis fitosociológico detallado es el único que podrá identificar y definir la existencia de este tipo de páramo.	

TIPO	DISTRIBUCIÓN	ESPECIES CARACTERÍSTICAS
Páramo pantanoso	Cordillera Oriental en zonas húmedas de abundante precipitación (Cayambe, Antisana, Llanganates).	Isoetes, Lilaeopsis, Cortaderia, Chusques, Neurolepis, varios géneros de almohadillas, Oreobolus y musgo turbero (Sphagnum magellanicum).
Páramo seco	Se encuentra al sur de Azuay y norte de Loja. Disminución notable de la precipitación.	Stipia ichu y otras hierbas resistentes a la desecación como Orthrosanthus y Buddleja.
Páramo sobre arenales	Se desarrollan sobre un suelo arenoso, resultado de los procesos erosivos intensivos, como los arenales del Chimborazo. La escasez de cobertura vegetal se debe a erosión climática (eólica) y antropogénica.	
Páramo arbustivo del Sur	Denominado “paramillo”, ubicado en la provincia de Loja.	Vegetación dominada por Puya, Miconia, Neurolepis, Oreocallis, Weinmannia y Blechnum.
Superpáramo o Gelidofita	Situado a los 4200 msnm. Especies resistentes al frío, la desecación fisiológica y viento.	Draba, Culcitium, Chuquiragua, Cortaderia, Baccharis y Gentiana.
Superpáramo azonal	Es un superpáramo a menores altitudes, como los lahares del Cotopaxi y del Antisana.	Existen especies como las del superpáramo y líquenes foliosos.

FUENTE: Alomía & Chimbo, 2014 .

TABLA 4.2 DATOS GENERALES DE LOS RÍOS DE PÁRAMO DEL ECUADOR

ALTITUD	3.450 – 5.000 msnm
CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	1,3 mg/l
CONCENTRACIÓN SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	0,7 – 2,1 mg/l
HUMEDAD RELATIVA	> 80%
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	8,7 – 49,7 mg/l
TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA (a 3850 msnm)	8,2 °C
TEMPERATURA DEL AGUA	5,5 – 11,7 °C
CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO	7 – 8 mg/l O_2
CONTENIDO DE NITRATOS	240 μg/l
CONTENIDO DE FÓSFORO	200 μg/l
VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO DE MACROINVERTEBRADOS	12 – 30 cm/s
TIPO DE VEGETACIÓN PREDOMINANTE:	Pajonales Rosetas Arbustos pequeños Musgos
TEMPERATURA MEDIA	7° C
RANGOS DE TEMPERATURA FRECUENTES	4 – 11°C
TEMPERATURA MÁXIMA	20 °C
TEMPERATURA MÍNIMA	0.6 °C
PRECIPITACIÓN	700 – 3000 mm
pH	7,37 – 8,37

MACROINVERTEBRADOS PREDOMINANTES DE RÍOS DE PÁRAMO		
ÓRDENES	**CLASE**	**FAMILIAS**
Plecoptera	Turbellaria	Planariidae
Ephemeroptera	Oligochaeta	Oligochaeta
Coleoptera	Insecta	Hyallellidae
Trichoptera	Hirudinea	Chironomidae
Diptera	Nematoda	Elmidae
Amohipoda		Ephydridae
		Gripopterygidae
		Anomalosychidae
		Limnephilidae
		Hydracarina

FUENTE: Alomía & Chimbo, 2014.

4.2. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA MICROCUENCA DEL RIO JATUNHUAYCO.

A continuación en la TABLA 4.3, se presentan los datos generales característicos de la zona de estudio, con base a los resultados obtenidos a partir de los diferentes parámetros y/o variables utilizados en la elaboración y desarrollo de los índices de contaminación, curvas de preferencia hidráulicas y modelo hidrológico planteados en la presente investigación para el *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos"*, que posteriormente permitan establecer su relación, a través del respectivo análisis comparativo con los datos generales característicos de los ríos de páramo, indicados en el numeral anterior.

TABLA 4.3 DATOS GENERALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

TIPO DE PÁRAMO	Páramo de pajonal
NORTE (UTM WGS84)	9'945.008,11 N

ESTE (UTM WGS84)	807.755,47 E
ALTITUD (msnm)	4.100 – 4.500
ALTITUD MEDIA (msnm)	4.135
ÁREA DE LA MICROCUENCA	40,94 km^2
FUENTE	Río Jatunhuayco

FUENTE: EPN, 2015

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

A continuación se presentan las diferentes conclusiones que establecen la relación existente entre la zona de estudio y los ríos de páramo, a través del análisis de los resultados obtenidos en las TABLAS 4.1, 4.2 y 4.3.

- La zona de estudio corresponde al tipo de ecosistema de páramo de pajonal, la cual corresponde al 70 % de la superficie de páramo total existente en el Ecuador, siendo por lo tanto una zona relevante en el *"Estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en los microhábitats de ríos de páramo"*, el cual comprende la generación de curvas de preferencia hidráulicas características para ríos de páramo con su caracterización hidrometeorológica a través de la generación de un modelo hidrológico conceptual que estime valores máximos, medios y mínimos de variables hidrometeorológicas como: precipitaciones, temperaturas y caudales.
- El sitio de estudio se encuentra dentro de la zona alta de los ríos de páramo del Ecuador (4.100 – 4.500 m.s.n.m), a partir de la cual se permite establecer que esta es vital para la prestación de servicios como: agua potable, riego y centrales hidroeléctricas.

En lo referente al resto de variables y/o parámetros utilizados en la zona de estudio, para la generación de curvas de preferencias hidráulicas y modelo

hidrológico, serán analizadas posteriormente con los de los ríos de páramo en los siguientes numerales.

4.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO A LO LARGO DEL RIO JATUNHUAYCO.

A continuación en las TABLAS 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7, se presentan los resultados obtenidos para la composición de sustrato e índices de sustrato, de acuerdo al diferentes criterios técnicos y metodología planteados anteriormente en los subcapítulo 3.5, para los puntos de muestreo (A, B, C, D) por cada muestreo multiazar (9), tanto aguas arriba como aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco.

TABLA 4.4 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO A.

	PUNTO A								
TIPO DE SUSTRATO	**A_1**	**A_2**	**A_3**	**A_4**	**A_5**	**A_6**	**A_7**	**A_8**	**A_9**
% BLOQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% CANTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% GRAVA GRUESA	0	1	0,5	2	3	3	3	1	2
% GRAVA FINA	0,5	2	1,5	1	2	5	7	6	1,5
% ARENA	99,5	97	98..0	97	95	92	90	93	96,5
ÍNDICE DE SUSTRATO	4	4,04	4,03	4,05	4,08	4,11	4,13	4,08	4,06

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 4.4, el tipo de sustrato predominante en el punto A es la arena con un 99,5 %, con un mínimo porcentaje de grava fina (0,5 %) y un coeficiente de índice de sustrato de 4, característicos de sustratos granulares finos como la arena, considerando que el mismo se encuentra dentro de un rango comprendido entre 3 y 33.

TABLA 4.5 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO B.

	PUNTO B								
TIPO DE SUSTRATO	**B_1**	**B_2**	**B_3**	**B_4**	**B_5**	**B_6**	**B_7**	**B_8**	**B_9**
% BLOQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% CANTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	PUNTO B								
TIPO DE SUSTRATO	**B_1**	**B_2**	**B_3**	**B_4**	**B_5**	**B_6**	**B_7**	**B_8**	**B_9**
% GRAVA GRUESA	20,4	12,5	23,5	15,4	28,3	22,4	19,6	14,5	21,3
% GRAVA FINA	23,9	25,5	28	26,3	32,5	14,4	25,4	27,2	25,3
% ARENA	55,7	62	48,5	58,3	39,2	63,2	55	58,3	53,4
ÍNDICE DE SUSTRATO	4,65	4,51	4,75	4,57	4,89	4,59	4,65	4,56	4,68

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 4.5, el tipo de sustrato predominante en el punto B es la arena con un 55,7 %, sin embargo se encuentra una mayor heterogeneidad de sustrato con presencias de grava fina y gruesa (32,5 y 28,3 respectivamente) y un coeficiente de índice de sustrato de 4,89; considerando que el mismo se encuentra dentro de un rango comprendido entre 3 y 33.

TABLA 4.6 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO C.

	PUNTO C								
TIPO DE SUSTRATO	**C_1**	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**	**C_6**	**C_7**	**C_8**	**C_9**
% BLOQUE	3	2	3	2	2	2	3	3	3
% CANTOS	2	1	2	1	1	1	2	2	2
% GRAVA GRUESA	35	42,2	38	36,5	37	35	34,3	33	34,3
% GRAVA FINA	41,1	38,5	39,5	42,3	38,8	42,5	44,2	39,7	41,5
% ARENA	18,9	16,3	17,5	18,2	21,2	19,5	16,5	22,3	19,2
ÍNDICE DE SUSTRATO	5,29	5,34	5,34	5,26	5,24	5,24	5,31	5,24	5,28

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 4.6, el tipo de sustrato predominante en el punto C es la grava, con presencia de grava fina (44, 2%), seguido por grava gruesa (42,2%) y presencia de arena en menor porcentaje (22,3 %) y un coeficiente de índice de sustrato de 5,34 característico de suelos con presencia de grava; considerando que el mismo se encuentra dentro de un rango comprendido entre 3 y 33.

TABLA 4.7 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO, PUNTO D.

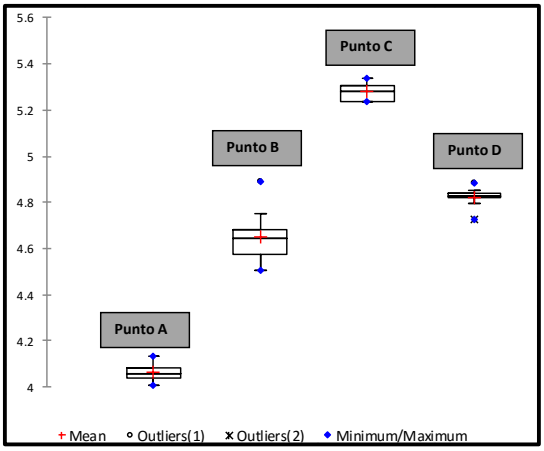
	PUNTO D								
TIPO DE SUSTRATO	**D_1**	**D_2**	**D_3**	**D_4**	**D_5**	**D_6**	**D_7**	**D_8**	**D_9**
% BLOQUE	4	1	4	4	1	4	4	1	4
% CANTOS	3	2	3	3	2	3	3	2	3
% GRAVA GRUESA	22,5	29,2	20,3	23,5	27,5	23,1	21,2	21,7	21,8
% GRAVA FINA	15,3	14,3	16,3	16,2	14,8	12,7	15	19,4	13,9
% ARENA	55,2	53,5	56,4	53,3	54,7	57,2	56,8	55,9	57,3
ÍNDICE DE SUSTRATO	4,85	4,83	4,82	4,88	4,8	4,84	4,82	4,73	4,83

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

De acuerdo a lo indicado en la TABLA 4.7, el tipo de sustrato predominante en el punto D es la arena (57,3 %), seguida por grava fina y gruesa (19,4 % y 27,5 %) y cantos rodados y bloques en una mínima cantidad (3 % y 4 % respectivamente) y un coeficiente de índice de sustrato de 4,88 característico de suelos con presencia de grava; considerando que el mismo se encuentra dentro de un rango comprendido entre 3 y 33.

Con base a los resultados obtenidos de la composición e índice de sustrato, presentados previamente, a continuación se presenta su respectivo análisis de distribución a los resultados obtenidos, representados gráficamente mediante sus diagramas de cajas o bloxpots, mostrados en las FIGURAS 4.1, 4.2 y 4.3

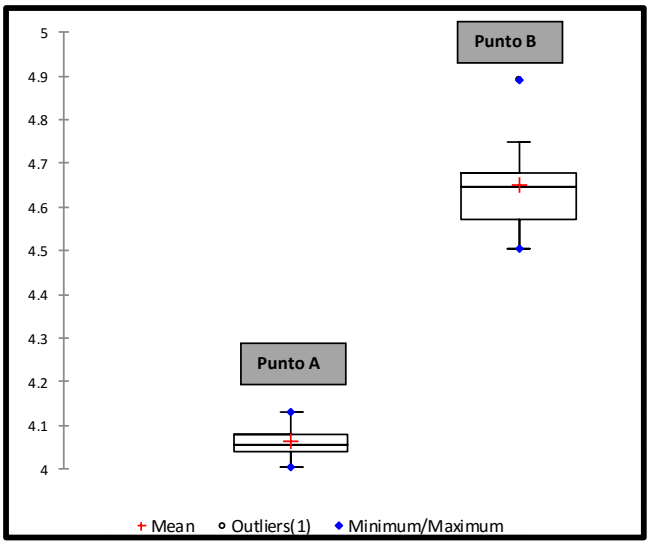
FIGURA 4.1 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO PUNTOS A, B, C Y D.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a lo indicado en la FIGURA 4.1, a través del diagrama de bloxplots se puede evidenciar una mejor distribución de los índices de sustrato en el punto C, con índices de sustrato con valores comprendidos entre 5,2 y 5,4; además de un comportamiento general de la zona de estudio con un índice de sustrato correspondiente a suelos granulares con presencia de gravas y arenas, característicos de ríos de páramo, y sin presencia de limos, arcillas, bloques y cantos rodados.

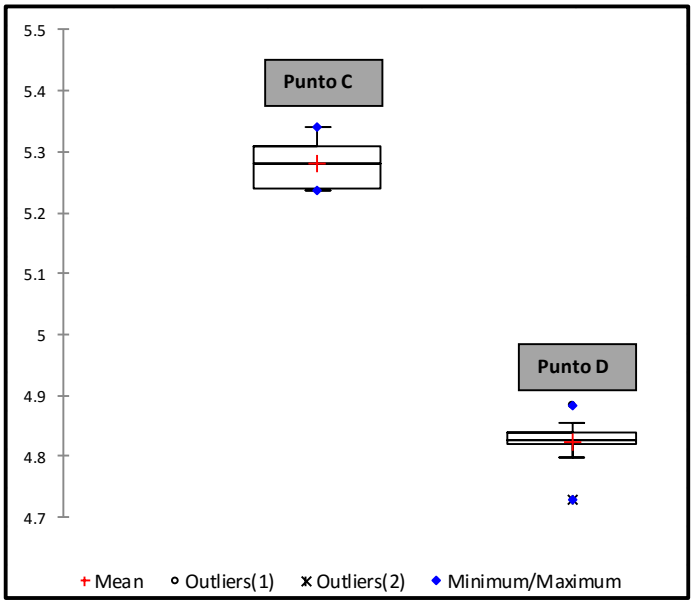
FIGURA 4.2 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a lo indicado en la FIGURA 4.2, aguas arriba de la zona de captación del río Jatunhuayco se puede observar que el punto B, presenta una mejor distribución de los índices de sustrato, con valores comprendidos entre 4,5 y 5, característico de sustratos con presencia de arena principalmente.

FIGURA 4.3 BLOX PLOTS ÍNDICES DE SUSTRATO AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a lo indicado en la FIGURA 4.3, aguas abajo de la zona de captación del río Jatunhuayco se puede observar que el punto C, presenta una mejor distribución de los índices de sustrato, con valores comprendidos entre 5,2 y 5,4 característico de sustratos con presencia de grava principalmente, sin embargo tomando en cuenta los resultados en el punto D, si es importante considerar la presencia de arenas, principalmente en lo referente a la diversidad de las especies de macroinvertebrados bentónicos.

Con base a los resultados de la composición e índices de sustrato mostrados previamente, a continuación se presenta su respectivo análisis por cada punto muestreo (A, B, C y D), aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco.

Punto A

Se pudo identificar una predominancia de arena (99,5 %) con un ligero porcentaje de grava fina, llegando como máximo hasta un 7%, para lo cual la identificación de la textura del suelo a partir del análisis granulométrico fue la apropiada. Además

también en este punto se presenta el menor índice de sustrato (4,0) para la superficie de la zona de estudio, esto debido a que en este punto se presenta en su mayoría arena.

En este punto se cuenta con la siguiente distribución de las partículas:

- Grava Gruesa: 1,0 – 3,0 %
- Grava Fina: 0,5 – 7,0 %
- Arena: 90,0– 99,5 %

Punto B

En lo referente a la composición de sustrato, se encuentra una mejor textura del suelo, debido a su distribución (grava gruesa, grava fina, arena), generando índices de sustrato un poco mayores (4,51 – 4,68) y mejor distribuidos en la zona de estudio (FIGURA 4.1).

En este punto se cuenta con la siguiente distribución de las partículas:

- Grava Gruesa: 12,5 – 28,3 %
- Grava Fina: 14,4 – 32,5 %
- Arena: 39, 2 – 63,2 %

Para la determinación de la composición de sustrato al igual que el anterior, la metodología del análisis granulométrico es la apropiada, debido a las condiciones existentes del punto.

Punto C

Se presentan los mayores índices de sustrato, debido a una mayor presencia de grava fina y gruesa en relación a la arena, además de la presencia de bloques y cantos rodados.

No fue suficiente la determinación de la composición de sustrato a través del análisis granulométrico considerado únicamente para suelos granulares (gravas y

arenas), por lo que se tuvo que complementar el análisis granulométrico con la observación visual.

La distribución de la textura del suelo, para este punto es la siguiente:

- Bloque: 2 – 3 %
- Cantos: 1 – 2 %
- Grava Gruesa: 33 – 42,2 %
- Grava fina: 38,8 – 44,2 %
- Arena: 16,3 – 22,3%

Punto D

En este punto se presentan menores índices de sustrato comparados a las del punto C, esto debido a una mayor presencia de arena, sin embargo mayor a las de los puntos A y B.

Para la determinación de la composición de sustrato fue necesario utilizar las metodologías de observación visual y análisis granulométrico, similar a la del punto C, esto debido a la presencia de bloques y cantos rodados.

La composición de sustrato identificada en este punto es la siguiente:

- Bloque: 1 – 4 %
- Cantos: 2 – 3 %
- Grava Gruesa: 20,3 – 29,2 %
- Grava fina: 13,9 – 19,4 %
- Arena: 55,2 – 57,3%

Aguas Arriba

Con base al análisis de los resultados obtenidos para la composición de sustrato (TABLAS 4.4, 4.5 y FIGURAS 4.1 y 4.2, en los puntos de muestreo (A, B) considerados para la zona de estudio aguas arriba, se puede concluir que el sustrato predominante es la arena con un porcentaje de grava (32,5%)

considerable en el punto B, razón por la cual se presentan los menores valores de índices de sustrato.

Con base al análisis de los resultados obtenidos para esta zona, se pueden determinar los siguientes rangos de composición de sustrato, citados a continuación:

- Grava Gruesa: 0,5 – 14,5 %
- Grava fina: 0,5 – 32,5 %
- Arena: 39,2 – 99,5%

Aguas Abajo

Con base al análisis de los resultados obtenidos para la composición de sustrato (TABLAS 4.5, 4.6 y FIGURAS 4.2, 4.3), en los puntos de muestreo (C, D) considerados para zona de estudio aguas abajo, se pueden identificar mayores índices de sustrato, debido principalmente a la presencia de bloques y cantos rodados, además de gravas gruesas y finas.

La textura de suelo identificada para esta zona es la siguiente:

- Bloque: 1 – 4 %
- Cantos: 1 – 3 %
- Grava Gruesa: 20,3 – 42,2%
- Grava fina: 13,9 – 44,2 %
- Arena: 16,3 – 57,3%

Superficie total de la zona de estudio

Con base a los resultados obtenidos para todos los puntos de muestreo, se pudo identificar que la composición de sustrato se encuentra compuesta por bloques y cantos rodados en porcentajes mínimos (1 al 3%), seguido por gravas gruesas y finas (0,5 al 44,2 %), y con un predominancia de arenas (16,3 al 99, 5%), conforme al análisis realizado por cada punto de muestreo (A, B, C y D), presentado a continuación en la TABLA 4.8.

TABLA 4.8 COMPOSICIÓN E ÍNDICE DE SUSTRATO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

TIPO DE SUSTRATO	%
% BLOQUE	1 – 4
% CANTOS	2 – 3
% GRAVA GRUESA	12,5 – 42,2
% GRAVA FINA	0,5 – 44,2
% ARENA	16,3 – 99,5
ÍNDICE DE SUSTRATO	**4 – 5,34**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

4.4. DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

A continuación se describe el análisis de los resultados obtenidos de la calidad del agua de la microcuenca del río Jatunhuayco para los índices de calidad del agua (ABI e ICO), para cada punto de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña realizada (1 y 2), para las dos campañas, aguas arriba, aguas abajo y superficie total de la zona de estudio.

4.4.1. CAMPAÑA 1

Punto A

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 64, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, conforme a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que con base a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que existe contaminación del agua principalmente por la presencia de minerales (ICOMI =0,61) con una leve presencia materia orgánica (ICOMO = 0,21), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto B

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 69, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,74), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto C

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 83, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados el ANEXO N° 16, mientras que con base a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que existe la mayor contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,76), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto D

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 78, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que con base a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que existe la mayor contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,77), seguido también con una la ligera contaminación por presencia de

materia orgánica (calidad de agua buena, ICOMO = 0,40), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

4.4.2. CAMPAÑA 2

Punto A

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 68, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,84), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua buena, ICOMO = 0,32) y finalmente por sólidos suspendidos (calidad de agua buena, ICOSUS = 0,27), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto B

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 72, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,93), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua media, ICOMO = 0,32) con una ligera presencia de contaminación por sólidos suspendidos (calidad de agua buena, ICOSUS = 0,27), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto C

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 85, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,94), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua media, ICOMO = 0,46), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

Punto D

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), se obtuvo un ABI de 81, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se pudo evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,94), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua buena, ICOMO = 0,40), conforme a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

4.4.3. AGUAS ARRIBA

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), para esta zona se contempla un ABI comprendido entre 64 y 72, indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se

puede evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,93), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua mala, ICOMO = 0,52) y con una ligera presencia de sólidos suspendidos (calidad de agua buena, ICOSUS = 0,27), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

4.4.4. AGUAS ABAJO

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), para esta zona se contempla un ABI comprendido entre 78 y 85, indicando que las aguas para esta zona se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se puede evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,94), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua mala, ICOMO = 0,46), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

4.4.5. SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

En lo referente al análisis de la calidad del agua, de acuerdo a la taxonomía de las especies de macroinvertebrados (ANEXO N° 15), para la totalidad de la zona de estudio se contempla un ABI comprendido entre 64 y 85 , indicando que las aguas en la zona de estudio se encuentran ligeramente contaminadas, de acuerdo a los criterios de evaluación del estado ecológico, presentados en el ANEXO N° 16, mientras que en lo referente a los parámetros físico – químicos a través de los índices de contaminación (ICO), se puede evidenciar que la mayor contaminación existe contaminación por presencia de minerales (calidad de agua mala, ICOMI =0,94), seguido por la presencia de materia orgánica (calidad de agua mala, ICOMO = 0,52) y con una ligera presencia de sólidos suspendidos (calidad de agua

buena, ICOSUS = 0,27), de acuerdo a los parámetros de calificación establecidos en la categorización de contaminación presentados en la TABLA 3.15.

En las TABLAS 4.9 y 4.10, se presenta la caracterización general de los parámetros físico – químicos, así como los índices de calidad del agua considerados para la microcuenca del río Jatunhuayco.

TABLA 4.9 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

PARÁMETRO	VALOR
Conductividad (us/cm)	258,7
DBO (mg/l)	11,8
Coliformes T (NMP/100ml)	4,0
DO (mg/l)	11,67
Sólidos Suspendidos (mg/l)	98
DO Sat (% sat)	76,4

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

De acuerdo a los resultados presentados en la TABLA 4.9 y establecido en los métodos gráficos presentados en las FIGURAS 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20; se puede observar inicios de contaminación con un poco de baja en la calidad del agua.

TABLA 4.10 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)	64 – 85
ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN (ICO)	
ICOMI	0,69 – 0,94
I_{DBO}	0,38 – 0,70
$I_{OXÍGENO\ \%}$	0,24 – 0,40
ICOMO	0,15 – 0,52
ICOSUS	0,06 – 0,27

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

4.5. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

En el presente subcapítulo se presentan los diferentes resultados obtenidos para la densidad de macroinvertebrados bentónicos en las zonas representativas de la zona estudio como: aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco, así como la totalidad de la zona de estudio (aguas arriba más aguas abajo), tomando en cuenta su caracterización taxonómica e identificación de los índices de diversidad de especies, de acuerdo a la metodología planteada en el subcapítulo 3.4.1, correspondiente a la "*Caracterización de macroinvertebrados bentónicos*".

Con base a lo indicado en las TABLAS 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19, se presentan los resultados obtenidos para la categorización taxonómica, riqueza específica, abundancia, densidad de especies de macroinvertebrados bentónicos y familias predominantes para la zona de interés de estudio: aguas arriba, aguas abajo y totalidad de la zona de estudio.

TABLA 4.11 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA – AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Ephydridae	*Andesiops*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

Donde:

Clase taxonómica añadida correspondiente a las campañas 1 y 2 del punto B.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.12 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA – AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydropsychidae	*Smicridea*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*

Donde:

Clase taxonómica añadida correspondiente a las campañas 1 y 2 del punto D.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.13 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydropsychidae	*Smicridea*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Ephydridae	*Andesiops*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

Donde:

Clase taxonómica añadida correspondiente a la zona aguas abajo de la captación.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.14 RIQUEZA TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO).

SITIO DE INTERVENCIÓN	# CLASES	# ORDENES	# FAMILIAS	# GÉNEROS	# ESPECIES IDENTIFICADAS
AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO					
Punto A y B (Campañas 1 y 2)	7	10	21	21	5
AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO					

SITIO DE INTERVENCIÓN	# CLASES	# ORDENES	# FAMILIAS	# GÉNEROS	# ESPECIES IDENTIFICADAS
Puntos C y D (Campañas 1 y 2)	7	10	21	21	5
SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO					
Puntos A,B,C y D (Campañas 1 y 2)	9	10	22	22	5

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.15 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – AGUAS ARRIBA ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO.

FAMILIA	AA_1	AA_2	AA_3	AA_4	AA_5	AA_6	AA_7	AA_8	AA_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	12	4	1	10	11	5	1	4	48	0,67%
Elmidae	0	0	1	2	1	4	0	1	0	9	0,13%
Scirtidae	1	0	0	2	1	5	1	0	1	11	0,15%
Ptilodactylidae	1	0	2	1	2	0	1	1	5	13	0,18%
Hydrobiosidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01%
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,01%
Leptoceridae	4	4	1	2	0	0	0	1	0	12	0,17%
Limnephilidae	5	43	32	39	11	33	21	9	9	202	2,84%
Glossosomatidae	11	20	1	10	13	4	3	2	0	64	0,90%
Chironomidae	635	486	720	290	350	491	174	205	388	3.739	52,48%
Ephydridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01%
Simuliidae	10	24	1	0	5	7	1	2	1	51	0,72%
Muscidae	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0,03%
Tipulidae	9	24	0	0	5	7	0	2	0	47	0,66%
Empididae	1	3	5	0	2	1	4	2	0	18	0,25%
Hyallellidae	342	334	264	183	523	295	45	105	298	2.389	33,53%
Planariidae	13	21	10	11	13	15	7	4	10	104	1,46%
Sphaeriidae	3	1	0	2	0	0	1	0	2	9	0,13%
Gordiidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,01%
Haplotaxidae	16	20	57	177	28	10	18	17	6	349	4,90%
Glossiphoniidae	9	4	4	6	6	8	3	4	9	53	0,74%
Ab_i	1.060	997	1.103	726	970	893	286	356	733	**7.124**	**100%**
$\%Ab_i$	14,88%	13,99%	15,48%	10,19%	13,62%	12,54%	4,01%	5,00%	10,29%	**100%**	

Donde:

Abundancia correspondiente a las campañas 1 y 2 del punto B. **ELABORADO POR:** Rojas, D., 2018.

TABLA 4.16 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – AGUAS ABAJO ZONA DE LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO.

FAMILIA	AAB_1	AAB_2	AAB_3	AAB_4	AAB_5	AAB_6	AAB_7	AAB_8	AAB_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	6	3	3	0	5	9	1	1	1	29	0,38%
Elmidae	67	41	11	13	7	18	27	14	13	211	2,80%
Scirtidae	2	3	0	0	1	2	6	2	8	24	0,32%
Ptilodactylidae	83	143	71	2	4	77	82	90	18	570	7,56%
Leptoceridae	6	0	1	0	1	0	0	3	0	11	0,15%
Hydroptilidae	31	103	37	1	0	35	66	105	2	380	5,04%
Hydrobiosidae	15	24	10	4	5	25	15	22	3	123	1,63%
Hydropsychidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,03%
Limnephilidae	96	152	117	45	65	316	67	104	56	1.018	13,50%
Glossosomatidae	137	27	25	99	139	124	50	80	65	746	9,90%
Chironomidae	204	388	138	123	318	473	355	526	482	3.007	39,89%
Simuliidae	23	5	0	2	6	2	3	5	2	48	0,64%
Muscidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,03%
Tipulidae	2	1	5	1	0	0	1	2	2	14	0,19%
Empididae	6	20	7	0	3	28	20	25	15	124	1,64%
Hyallellidae	122	89	90	80	76	70	70	35	29	661	8,77%
Planariidae	101	48	48	18	24	79	45	31	49	443	5,88%
Haplotaxidae	3	10	6	5	6	12	21	2	36	101	1,34%
Glossiphoniidae	1	0	4	0	2	0	0	0	1	8	0,11%
Sphaeriidae	1	1	2	1	0	0	0	0	0	5	0,07%
Gordiidae	2	1	2	0	0	0	5	0	1	11	0,15%
Ab_i	910	1.059	577	394	662	1.271	834	1.048	783	**7.538**	**100%**
$\%Ab_i$	12,07%	14,05%	7,65%	5,23%	8,78%	16,86%	11,06%	13,90%	10,39%	**100%**	

Donde:

Abundancia añadida correspondiente a las campañas 1 y 2 del punto D.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.17 ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – SUPERFICIE DE LA ZONA DE ESTUDIO (AGUAS ARRIBA MÁS AGUAS ABAJO).

FAMILIA	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	6	15	7	1	15	20	6	2	5	77	0,53%
Elmidae	67	41	12	15	8	22	27	15	13	220	1,50%
Scirtidae	3	3	0	2	2	7	7	2	9	35	0,24%
Ptilodactylidae	84	143	73	3	6	77	83	91	23	583	3,98%
Hydrobiosidae	15	25	10	4	5	25	15	22	3	124	0,85%
Hydropsychidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,01%
Hydroptilidae	31	103	37	1	0	35	67	105	2	381	2,60%
Leptoceridae	10	4	2	2	1	0	0	4	0	23	0,16%
Limnephilidae	101	195	149	84	76	349	88	113	65	1.220	8,32%
Glossosomatidae	148	47	26	109	152	128	53	82	65	810	5,52%
Chironomidae	839	874	858	413	668	964	529	731	870	6.746	46,01%
Ephydridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01%
Simuliidae	33	29	1	2	11	9	4	7	3	99	0,68%
Muscidae	0	0	1	0	0	2	0	1	0	4	0,03%
Tipulidae	11	25	5	1	5	7	1	4	2	61	0,42%
Empididae	7	23	12	0	5	29	24	27	15	142	0,97%
Hyallellidae	464	423	354	263	599	365	115	140	327	3.050	20,80%
Planariidae	114	69	58	29	37	94	52	35	59	547	3,73%
Sphaeriidae	4	2	2	3	0	0	1	0	2	14	0,10%
Gordiidae	2	1	2	0	0	0	6	0	1	12	0,08%
Haplotaxidae	19	30	63	182	34	22	39	19	42	450	3,07%
Glossiphoniidae	10	4	8	6	8	8	3	4	10	61	0,42%
Ab_i	1.970	2.056	1.680	1.120	1.632	2.164	1.120	1.404	1.516	**14.662**	**100%**
$\%Ab_i$	13,44%	14,02%	11,46%	7,64%	11,13%	14,76%	7,64%	9,58%	10,34%	**100%**	

Donde:

Abundancia añadida correspondiente a la zona aguas abajo de la captación.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.18 FAMILIAS PREDOMINANTES AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO.

		AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO		TOTAL	
N°	**FAMILIA**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**
1	Baetidae	48	-	29	-	77	-
2	Elmidae	9	-	211	-	220	-
3	Scirtidae	11	-	24	-	35	-
4	Ptilodactylidae	13	-	570	X	583	-
5	Leptoceridae	12	-	11	-	23	-
6	Limnephilidae	202	-	1.018	X	1.220	X
7	Hydroptilidae	1	-	380	X	381	-
8	Hydrobiosidae	1	-	123	-	124	-
9	Hydropsychidae	-	-	2	-	2	-
10	Glossosomatidae	64	-	746	X	810	X
11	Chironomidae	3.739	X	3.007	X	6.746	X
12	Ephydridae	1	-	-	-	1	-
13	Muscidae	2	-	2	-	4	-
14	Simuliidae	51	-	48	-	99	-
15	Tipulidae	47	-	14	-	61	-
16	Empididae	18	-	124	-	142	-
17	Hyallellidae	2.389	X	661	X	3.050	X
18	Planariidae	104	-	443	X	547	-
19	Haplotaxidae	349	X	101	-	450	-
20	Glossiphoniidae	53	-	8	-	61	-
21	Sphaeriidae	9	-	5	-	14	-
22	Gordiidae	1	-	11	-	12	-
	$\sum Ab_T$	**7.124**		**7.538**		**14.662**	
	$\overline{Ab_T}$	**339**		**376**		**666**	

Donde:

X: Familia más abundante

-: Familia con poca abundancia (descartada)

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La TABLA 4.18 presentada anteriormente, muestra los resultados basados en la determinación de las familias predominantes, a partir del número total de individuos por cada especie de macroinvertebrados (abundancia) y su valor medio.

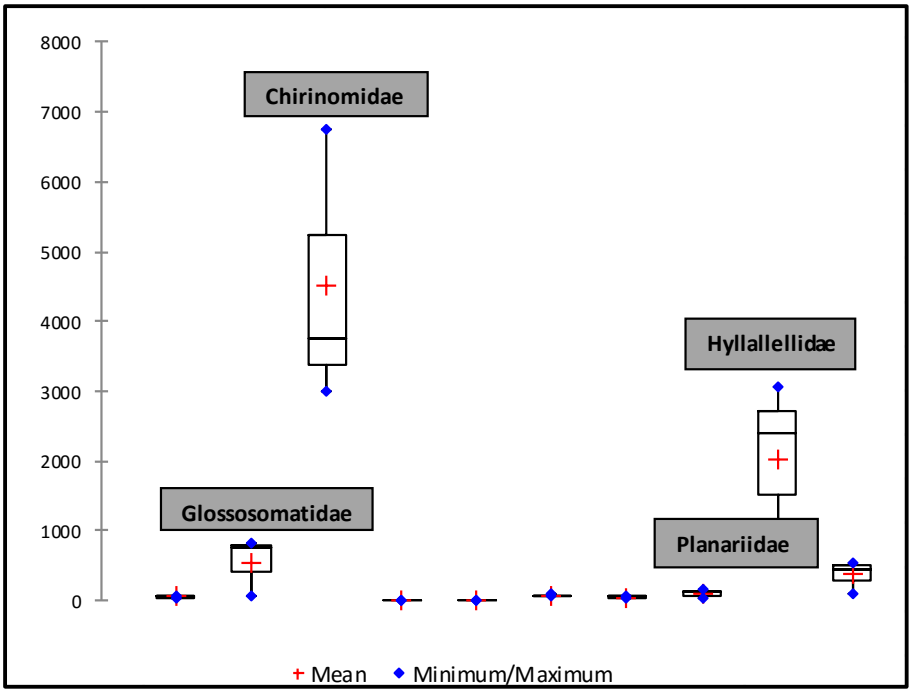
TABLA 4.19 DENSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

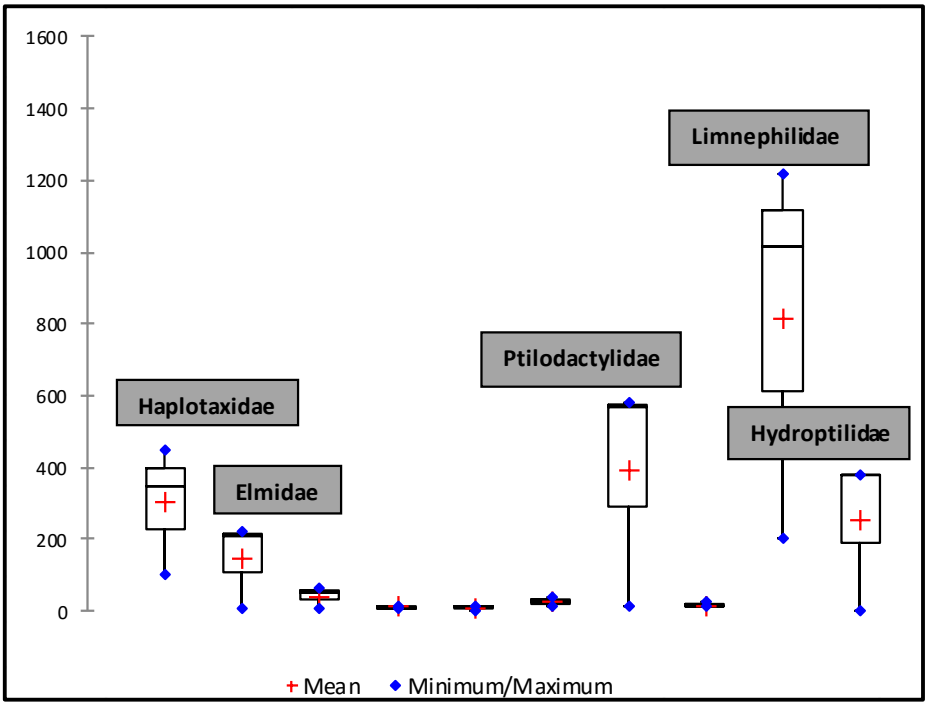
	AGUAS ARRIBA									
	ID_1	ID_2	ID_3	ID_4	ID_5	ID_6	ID_7	ID_8	ID_9	ID_T
D_e	1.308,64	1.230,86	1.361,73	896,30	1.197,53	1.102,47	353,09	439,51	904,94	8.795,06
H	1,04	1,40	1,03	1,46	1,14	1,21	1,39	1,20	1,01	1,27
I	2,87	2,90	2,85	3,04	2,91	2,94	3,54	3,40	3,03	2,25
D	0,46	0,35	0,49	0,28	0,42	0,41	0,40	0,42	0,45	0,39
	AGUAS ABAJO									
D_e	1.123,46	1.307,41	712,35	486,42	817,28	1.569,14	1.029,63	1.293,83	966,67	9.306,17
H	2,24	1,99	2,13	1,74	1,58	1,87	2,00	1,75	1,50	2,00
I	2,94	2,87	3,15	3,35	3,08	2,80	2,97	2,88	3,00	2,24
D	0,13	0,19	0,15	0,22	0,30	0,22	0,22	0,29	0,40	0,21
	SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO									
D_e	2.432,10	2.538,27	2.074,07	1.382,72	2.014,81	2.671,60	1.382,72	1.733,33	1.871,60	1.8101,23
H	1,84	1,89	1,61	1,71	1,48	1,78	1,92	1,75	1,43	1,80
I	2,77	2,75	2,83	2,99	2,84	2,73	2,99	2,90	2,87	2,19
D	0,25	0,24	0,32	0,23	0,31	0,26	0,26	0,30	0,38	0,27

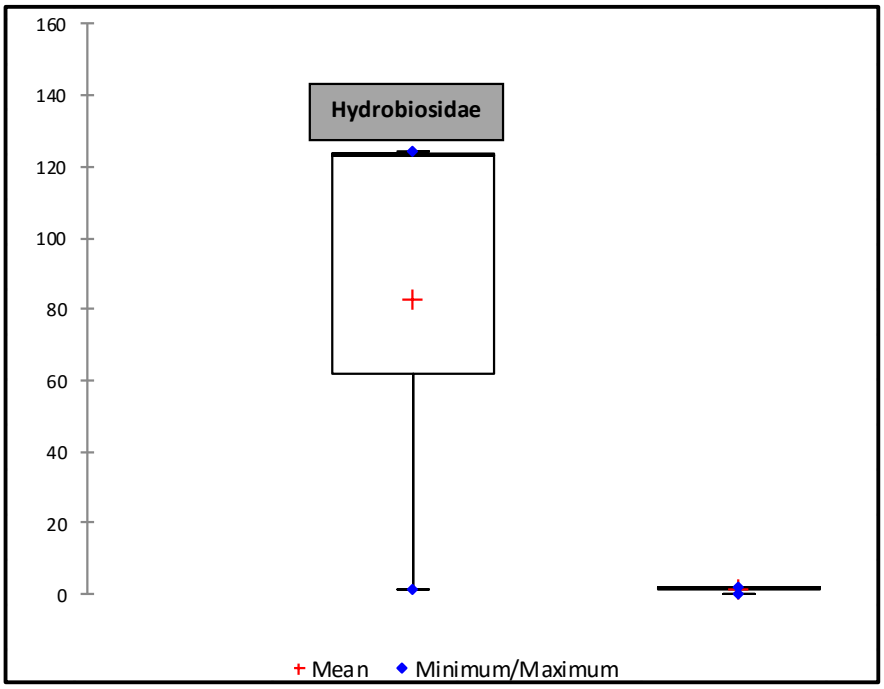
ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a los resultados presentados en las TABLAS 4.18 y 4.19, a continuación se presentan en las FIGURAS 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8, los análisis de distribución de datos generados para las familias predominantes y densidad de especies de macroinvertebrados bentónicos a través de los índices de diversidad de especies de Shannon (H), Dominancia de Simpson (D), riqueza de Margalef (I) y Densidad (De), para la zona de interés de estudio (aguas arriba, aguas abajo y superficie total).

FIGURA 4.4 BLOX PLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA: AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

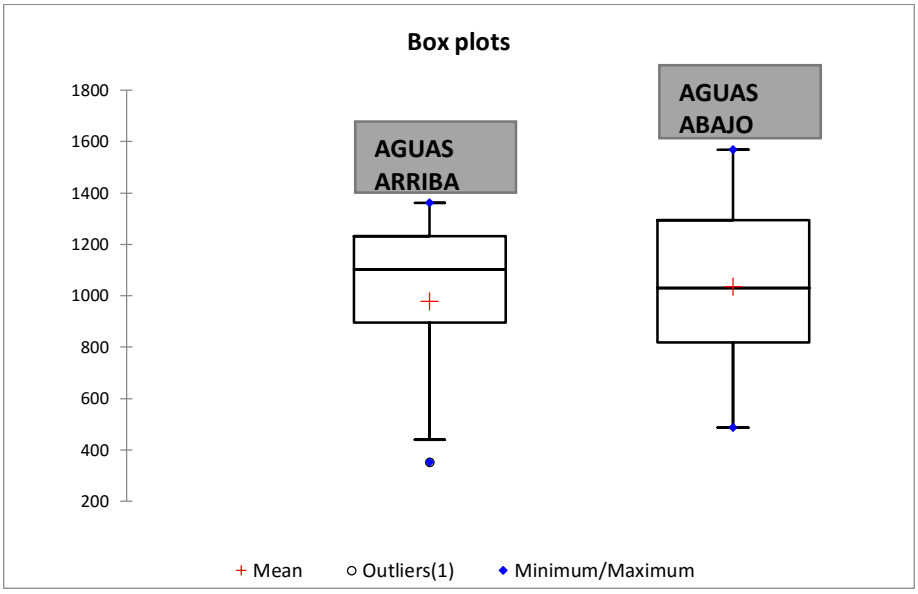






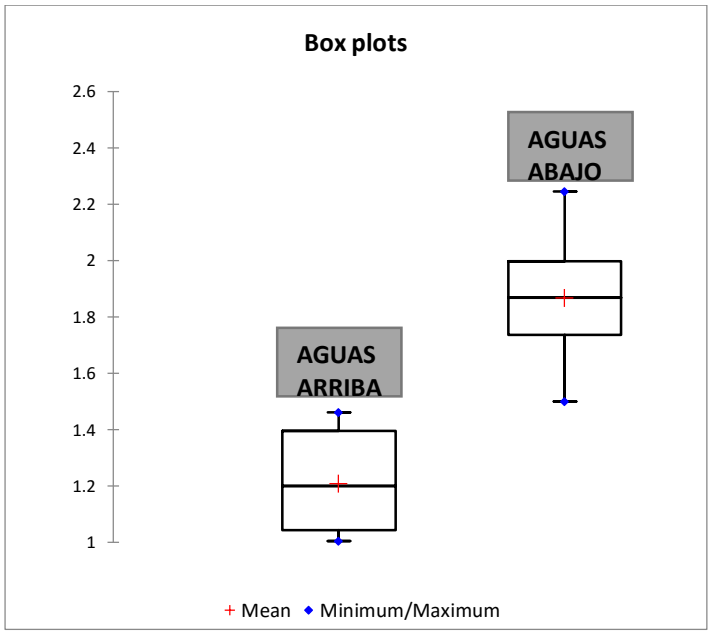
ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 4.5 BLOX PLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO.



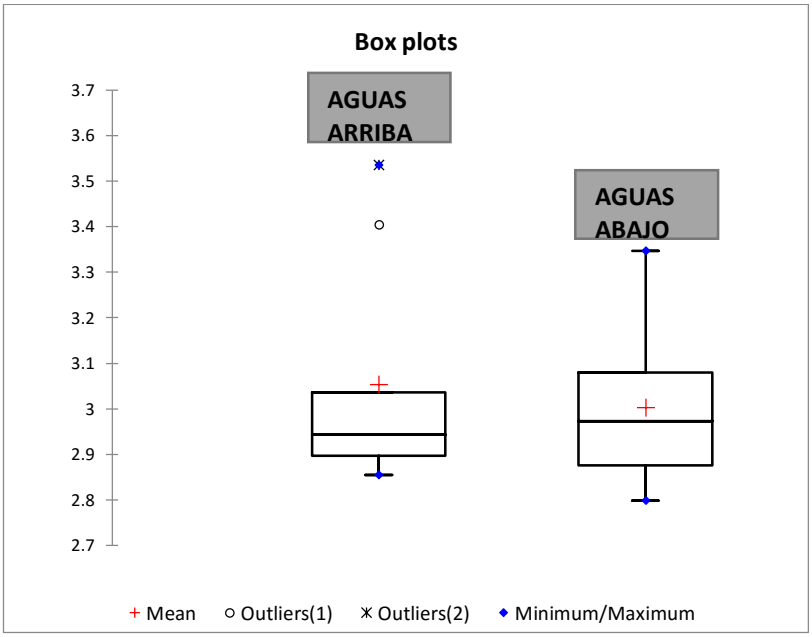
ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 4.6 BLOX PLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO.



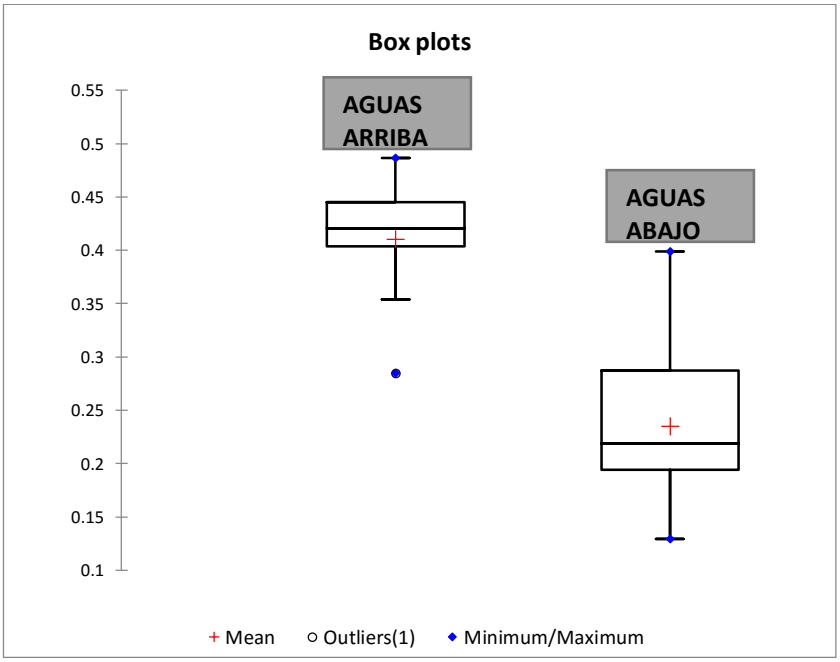
ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 4.7 BLOX PLOTS ÍNDICES DE DOMINANCIA DE SIMPSON, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 4.8 BLOX PLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a todos los resultados presentados anteriormente incluyendo el análisis de distribución de datos para las familias predominantes y densidades de macroinvertebrados bentónicos, a continuación se presenta su respectivo análisis, dividido en dos temáticas principales:

- Categorización taxonómica
- Densidad de especies de macroinvertebrados bentónicos

En los numerales siguientes, se presenta el análisis de los resultados obtenidos para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2), contemplados para la caracterización taxonómica e identificación de densidad de macroinvertebrados bentónicos, presentados en los ANEXOS N° 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

4.5.1. CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA

De manera general para la superficie total de la zona de estudio (microcuenca del río Jatunhuayco), con base al muestreo biológico se identificaron 22 familias, 14.662 especies, 36 muestras por cada campaña, con un total 72 muestras, la cual sirvió como información base para la caracterización y posterior determinación de la densidad a través de la generación de índices de diversidad de especies de Shannon (H), Dominancia de Simpson (D), riqueza de Margalef (I) y Densidad (De), necesarios para el desarrollo del estudio de los requerimientos hidráulicos de las especies de macroinvertebrados bentónicos existentes en los microhábitats de ríos de páramo, tomando como caso de estudio la microcuenca del río Jatunhuayco.

En la TABLA 4.20 y FIGURA 4.9, se presenta en función al análisis de los resultados obtenidos para los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) por cada campaña (1 y 2), aguas arriba y aguas debajo de la zona de captación Jatunhuayco, la categorización taxonómica característica de la zona de estudio, evidenciándose una mayor abundancia de la especie Chironomidae con 6.746 ind., con un 46,01 %, seguido por las especies Hyallellidae y Limnephilidae, con 3.050 y 1.220 ind.

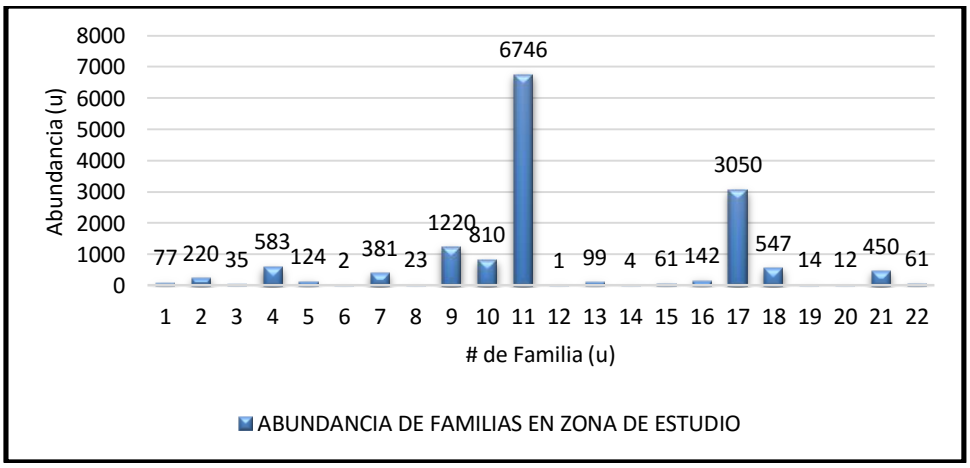
TABLA 4.20 CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

N°	FAMILIA	Ab_T	% Ab_T
1	Baetidae	77	0,53%
2	Elmidae	220	1,50%
3	Scirtidae	35	0,24%
4	Ptilodactylidae	583	3,98%
5	Hydrobiosidae	124	0,85%
6	Hydropsychidae	2	0,01%
7	Hydroptilidae	381	2,60%
8	Leptoceridae	23	0,16%
9	Limnephilidae	1.220	8,32%
10	Glossosomatidae	810	5,52%
11	Chironomidae	6.746	46,01%
12	Ephydridae	1	0,01%
13	Simuliidae	99	0,68%
14	Muscidae	4	0,03%
15	Tipulidae	61	0,42%
16	Empididae	142	0,97%
17	Hyallellidae	3.050	20,80%
18	Planariidae	547	3,73%
19	Sphaeriidae	14	0,10%
20	Gordiidae	12	0,08%
21	Haplotaxidae	450	3,07%
22	Glossiphoniidae	61	0,42%
	Ab_i	**14.662**	**100%**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

FIGURA 4.9 DISTRIBUCIÓN DE LA CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

A continuación, se presenta el análisis y discusión a los resultados obtenidos de la categorización taxonómica de los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) para cada campaña (1 y 2), aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco.

4.5.1.1. Campaña 1

- En lo referente a la categorización y riqueza taxonómica, se identificaron 6 clases, 9 órdenes, 17 familias, 17 géneros y 5 especies de macroinvertebrados, correspondientes al punto de muestreo D (aguas abajo de la captación Jatunhuayco).

- En el punto de muestreo C (aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco), se identifica una mayor abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos (1.217 especies), mientras que al punto A (aguas arriba de la zona de captación Jatunhuayco) le corresponde la menor abundancia (781 especies).

- Con base a los resultados presentados en el análisis estadístico de familias predominantes (ANEXO N° 7), en el punto de muestreo C (aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco), se puede identificar 6 familias más abundantes (Chironomidae: 630, Glossosomatidae: 337, Limnephilidae: 194, Hyallellidae: 187, Planariidae: 127 y Elmidae: 106), mientras que en el A existe la menor abundancia de familias (2) correspondientes a las especies de macroinvertebrados bentónicos: Chironomidae (476) y Hyallellidae (247).

- Se pueden identificar las siguientes familias más abundantes: Chironomidae (790 – Punto B), Glossosomatidae (337 – Punto C), Hyallellidae (312 – Punto B), Limnephilidae (194 –Punto C), Elmidae (106 – Punto C) y Planariidae (127 – Punto C).

- Las familias Hyallellidae y Chironomidae son predominantes en todos los puntos de muestreo, tomando en cuenta que su abundancia es mayor a la media de la abundancia total por cada punto de muestreo (A, B, C y D).

- Con base al análisis de distribución de datos (bloxpots), la familia que presenta una mejor distribución de los datos de abundancia es la Glossosomatidae, seguido por las familias: Limnephilidae, Chironomidae y Elmidae.

- Las familias predominantes consideradas para la campaña 1, con base a la comparación entre análisis estadístico y de distribución de datos son las siguientes: Chironomidae, Hyallellidae, Planariidae, Elmidae, Limnephilidae y Glossosomatidae.

4.5.1.2. Campaña 2

- En lo referente a la categorización y riqueza taxonómica, se identificaron 7 clases, 10 órdenes, 19 familias, 19 géneros y 5 especies de macroinvertebrados, correspondientes al punto de muestreo D (aguas abajo de la captación Jatunhuayco).

- En el punto de muestreo A (aguas arriba de la zona de captación Jatunhuayco), se identifica una mayor abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos (2.997 especies), mientras que al punto D (aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco) le corresponde la menor abundancia (1.874 especies).

- Con base a los resultados presentados en el análisis estadístico de familias predominantes (ANEXO N° 7), en el punto de muestreo C (aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco), se puede identificar 5 familias más abundantes (Chironomidae: 1.142, Ptilodactylidae: 396, Limnephilidae: 393, Hydroptilidae: 314, Glossosomatidae: 229), mientras que en el B existe la menor abundancia de familias (2) correspondientes a

las especies de macroinvertebrados bentónicos: Chironomidae (872) y Hyallellidae (903).

- Se pueden identificar las siguientes familias más abundantes: Chironomidae (1.601 – Punto A), Hyallellidae (927 – Punto A), Ptilodactylidae (396 – Punto C), Limnephilidae (393 – Punto C), Hydroptilidae (314 – Punto C), Haplotaxidae (232 – Punto A), Glossosomatidae (229 – Punto C).

- La familia Chironomidae es predominante en todos los puntos de muestreo, tomando en cuenta que su abundancia es mayor a la media de la abundancia total por cada punto de muestreo (A, B, C y D).

- Con base al análisis de distribución de datos (bloxpots), la familia que presenta una mejor distribución de los datos de abundancia es la Hydrobiosidae, seguido por la Ptilodactylidae, Limnephilidae, Hyallellidae y Chironomidae, sin embargo esta es la que menor abundancia de especies tiene (menor a la media de la abundancia específica).

- Las familias Haplotaxidae, Hydroptilidae, Ptilodactylidae e Hydrobiosidae, presentan valores de abundancia de cero, mientras que las familias Chironomidae, Hyallellidae y Limnephilidae, presentan valores mínimos de abundancia diferentes de cero, siendo su mayor valor el de la familia de los Chironomidae.

- Las familias predominantes consideradas para la campaña 2, con base a la comparación entre el análisis estadístico y de distribución de datos son las siguientes: Chironomidae, Hyallellidae, Ptilodactylidae, Limnephilidae, Haplotaxidae, Hydroptilidae.

4.5.1.3. Aguas arriba de la zona de la captación Jatunhuayco

- En lo referente a la categorización y riqueza taxonómica, se identificaron 7 clases, 10 órdenes, 21 familias, 21 géneros y 5 especies de macroinvertebrados.

- Se identifica una abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos de 7.124 especies, correspondientes a la suma de los datos de abundancia para las campañas 1 y 2, de los puntos de muestreo A y B.

- Con base a los resultados presentados en el análisis estadístico de familias predominantes (TABLA 4.18), se puede identificar 3 familias más abundantes (Chironomidae: 3.739, Hyallellidae: 2.389 y Haplotaxidae: 349), con valores mínimos de abundancia diferentes de cero.

- Las familias predominantes consideradas para la zona aguas arriba de la zona de captación Jatunhuayco, con base a la comparación entre el análisis estadístico y de distribución de datos son las siguientes: Chironomidae, Hyallellidae y Haplotaxidae.

4.5.1.4. Aguas abajo de la zona de la captación Jatunhuayco

- En lo referente a la categorización y riqueza taxonómica, se identificaron 7 clases, 10 órdenes, 21 familias, 21 géneros y 5 especies de macroinvertebrados.

- Se identifica una abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos de 7538 especies, correspondientes a la suma de los datos de abundancia para las campañas 1 y 2, de los puntos de muestreo C y D.

- Con base a los resultados presentados en el análisis estadístico de familias predominantes (TABLA 4.18), se puede identificar 7 familias más abundantes (Chironomidae: 3.739, Limnephilidae: 1.018, Glossosomatidae: 746,

Hyallellidae: 661, Ptilodactylidae: 570, Planariidae: 443, e Hydroptilidae: 380), registrando únicamente las familias Limnephilidae, Chironomidae y Hyallellidae valores mínimos de abundancia diferentes de cero.

- Las familias predominantes consideradas para la zona aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco, con base a la comparación entre el análisis estadístico y de distribución de datos son las siguientes: Chironomidae, Limnephilidae, Glossosomatidae, Hyallellidae, Ptilodactylidae, Planariidae e Hydroptilidae.

4.5.1.5. Superficie total de la zona de estudio

- En lo referente a la categorización y riqueza taxonómica, se identificaron 9 clases, 10 órdenes, 22 familias, 22 géneros y 5 especies de macroinvertebrados.

- Se identifica una abundancia de especies de macroinvertebrados bentónicos de 14.662 especies, correspondientes a la suma de los datos de abundancia para las zonas aguas arriba y aguas abajo de la zona de la captación Jatunhuayco.

- Con base a los resultados presentados en el análisis estadístico de familias predominantes (TABLA 4.18), se puede identificar 4 familias más abundantes (Chironomidae: 6.746, Hyallellidae: 3.050, Limnephilidae: 1.018 y Glossosomatidae: 810), registrando únicamente la familias Glossosomatidae, valores mínimos de abundancia iguales a cero.

- Las familias predominantes consideradas para la superficie total de la zona de estudio, con base a la comparación entre el análisis estadístico y de distribución de datos son las siguientes: Chironomidae, Hyallellidae, Limnephilidae y Glossosomatidae, tomando en cuenta que sus abundancias son predominantes tanto aguas arriba como aguas abajo de la zona de la captación Jatunhuayco.

4.5.2. DENSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

A continuación, se presenta el análisis y discusión a los resultados obtenidos de la densidad de macroinvertebrados a través de la generación de índices de diversidad de especies de Shannon (H), Dominancia de Simpson (D), riqueza de Margalef (I) y Densidad (De), de los diferentes puntos de muestreo (A, B, C y D) para cada campaña (1 y 2), aguas arriba y aguas abajo de la zona de captación Jatunhuayco.

4.5.2.1. Campaña 1

- El máximo valor de densidad de especies se encuentra en el punto C (2.032,10 ind/m2), mientras que el mínimo valor de densidad de especies se encuentra en el punto A (964,20 ind/m^2).
- Se identificó el máximo valor del índice de diversidad de Shannon en el punto D (1,98), mientras que el mínimo valor se registra en el punto A.
- Se identificó el mínimo valor del índice de dominancia de Simpson en el punto D (0,19), mientras que el máximo valor se lo registra en el punto A (0,47).
- Se identificó el máximo valor del índice de riqueza de Margalef en el punto D (2,29), mientras que el mínimo valor se lo registra en el punto A (1,95).
- En los puntos C y D, se presentan valores atípicos tanto en valores máximos como mínimos en todas las densidades de especies, además de no presentar una buena distribución de los datos.
- En el punto B se presenta una mejor distribución de densidades de especies, la cual oscila desde 50 a 400 ind/m^2, seguido del punto A, conteniendo además el máximo valor de densidad de especies a lo largo de toda la zona de estudio.
- En el punto A se presenta una mejor distribución del índice de Shannon, la cual oscila desde 0,6 a 1,3, seguida de la del punto B.
- En el punto B se presenta una mejor distribución del índice de dominancia de Simpson, conteniendo además el máximo valor a lo largo de toda la zona de estudio.

- Los puntos A, C y D, no presentan una buena distribución de los valores de los índices de dominancia de Simpson, además de valores atípicos en los puntos C y D.
- El punto A presenta una mejor distribución de los valores del índice de riqueza de Margalef, además de los valores máximos a lo largo de toda la zona de estudio.
- Los puntos B, C y D no presentan una adecuada distribución de los valores de las valores de los índices de riqueza de Margalef, con presencia de valores atípicos en el punto D.

4.5.2.2. Campaña 2

- El máximo valor de densidad de especies se encuentra en el punto A (3.700 ind/m^2), mientras que el mínimo valor de densidad de especies se encuentra en el punto A (2.313,58 ind/m^2).
- Se identificó el máximo valor del índice de diversidad de Shannon en el punto D (1,92), mientras que el mínimo valor se registra en el punto A (1,24).
- Se identificó el mínimo valor del índice de dominancia de Simpson en el punto C (0,21), mientras que el máximo valor se lo registra en el punto A (0,39).
- Se identificó el máximo valor del índice de riqueza de Margalef en el punto D (2,39), mientras que el mínimo valor se lo registra en el punto B (1,83).
- En los puntos B y C, se presentan valores atípicos en valores máximos de la densidad de especies, además de no presentar una buena distribución de los datos.
- En el punto A se presenta una mejor distribución de densidades de especies, la cual oscila desde 0 a 1000 ind/m^2, seguido del punto C, conteniendo además el máximo valor de densidad de especies a lo largo de toda la zona de estudio.
- En el punto D se presenta una mejor distribución del índice de Shannon, la cual oscila desde 0,6 a 2, seguida de los puntos C y A.
- En el punto B se presenta un valor mínimo atípico del índice de Shannon.

- El punto D presenta una mejor distribución del índice de dominancia de Simpson, conteniendo además el máximo valor a lo largo de toda la zona de estudio, seguido del punto B.
- Los puntos A y C, no presentan una buena distribución de los valores de los índices de dominancia de Simpson, además de valores máximos atípicos.
- El punto D presenta una mejor distribución de los valores del índice de riqueza de Margalef, además de los valores máximos a lo largo de toda la zona de estudio, seguido de los valores correspondientes al punto A.
- Los puntos B y C no presentan una adecuada distribución de los valores de las valores de los índices de riqueza de Margalef, con presencia de valores máximos atípicos.

4.5.2.3. Aguas arriba, aguas abajo y superficie total de la zona de estudio

- El máximo valor de densidad de especies se encuentra aguas abajo de la zona de la captación del río Jatunhuayco (9.306,17 ind/m^2), mientras que el mínimo valor de densidad de especies se encuentra aguas arriba (8.795,06 ind/m^2), sin embargo tampoco existe una diferencia considerable.
- Se identificó el máximo valor del índice de diversidad de Shannon aguas abajo (2,00), mientras que el mínimo valor se registra aguas arriba (1,27).
- Se identificó el mínimo valor del índice de dominancia de Simpson aguas abajo (0,21), mientras que el máximo valor se lo registra aguas arriba (0,39).
- Se identificó valores similares del índice de riqueza de Margalef tanto aguas arriba como aguas debajo de la zona de captación del río Jatunhuayco (2,24 – 2,25).
- Aguas abajo de la zona de la captación se presenta una mejor distribución de los valores de las densidades de especies, la cual oscila desde 486 a 1569 ind/m^2, mientras que aguas arriba se presentan valores mínimos atípicos.
- Aguas arriba se presenta una mejor distribución de los valores de los índices de Shannon, sin embargo aguas abajo se presentan los valores máximos.

- Aguas abajo se presenta una mejor distribución de los valores de los índices de dominancia de Simpson, mientras que aguas arriba se presentan valores mínimos atípicos.
- Aguas abajo se presenta una mejor distribución de los valores de los índices de riqueza de Margalef, mientras que aguas arriba se presentan valores máximos atípicos.
- A continuación con base al análisis de los resultados obtenidos para la densidad de macroinvertebrados bentónicos, en la TABLA 4.21 se presenta la caracterización general de los mismos para la microcuenca del río Jatunhuayco.

TABLA 4.21 ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

Diversidad de especies de Shannon (H)	0,68 – 2,24
Dominancia de Simpson (D)	0,26 – 0,89
Riqueza de Margalef (I)	1,95 – 4,41
Densidad de especies (D_e)	25,93 – 18.101,23 ind/m^2

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENTRE LA DENSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Una vez determinada la densidad de macroinvertebrados bentónicos, a continuación en las TABLAS 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38 y FIGURAS 4.10, 4.11, se presentan los resultados obtenidos del análisis estadístico generado entre la densidad macroinvertebrados bentónicos a través de la determinación de los índices de diversidad de especies de Shannon (H), Dominancia de Simpson (D) y riqueza de Margalef (I) con los parámetros hidráulicos (velocidad, profundidad y sustrato),

para la zona de interés de estudio: aguas arriba, aguas abajo y totalidad de la zona de estudio, de acuerdo al desarrollo de los análisis de regresión polinomial y lineal múltiple y componentes principales para la densidad de la población de macroinvertebrados bentónicos identificados y familias predominantes de la zona de estudio, de acuerdo al marco teórico planteado en el subcapítulo 3.4.

TABLA 4.22 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
I	72	0	72	2,1114	5,0345	3,2338	0,5967
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En la TABLA 4.22 correspondiente al análisis de regresión polinomial múltiple, se indica una muestra de 72 datos, correspondientes a los datos hidráulicos de velocidad, profundidad e índice de sustrato por cada punto de muestreo (A, B, C y D) multihábitat al azar (9 repeticiones), evidenciándose un menor rango de variación para la variable hidráulico de índice de sustrato, con una desviación estándar de 0,60.

TABLA 4.23 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Variables	V	P	IS	I
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,1255
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	-0,1250
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	0,0642
I	-0,1255	-0,1250	0,0642	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En lo referente a la matriz de correlaciones generadas para cada una de las preferencias hidráulicas (TABLA 4.23), a través de la riqueza de Margalef, la variable que presenta una mayor correlación es la del índice de sustrato con 0,34.

La ecuación correspondiente a la regresión no lineal múltiple es la siguiente:

I=-5.92839+0.00132*V+0.01022*P+4.00824*IS-0.00003*V^2-0.00046*P^2-0.43269*IS^2.

TABLA 4.24 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
I	72	0	72	2,1114	5,0345	3,2338	0,5967
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En la TABLA 4.24, correspondiente al análisis de regresión lineal múltiple, se puede evidenciar los mismos resultados generados anteriormente en la TABLA 4.23.

TABLA 4.25 MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Variables	V	P	IS	I
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,1255
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	-0,1250
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	0,0642
I	-0,1255	-0,1250	0,0642	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La ecuación correspondiente a la regresión lineal múltiple es la siguiente: I = 3.39427+0.00090*V*P-0.00024*V*P*IS.

TABLA 4.26 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
H	72	0	72	0,2512	2,0727	1,2658	0,3818
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.27 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE.

Variables	V	P	IS	H
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,0096
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	-0,4217
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	0,5026
H	-0,0096	-0,4217	0,5026	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La ecuación correspondiente a la regresión no lineal múltiple es la siguiente: H = 2.88637+0.00339*V-0.00360*P-1.13206*IS+7.56726E-7*V^2 0.00010*P^2+0.16419*IS^20.43269*IS^2.

TABLA 4.28 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
H	72	0	72	0,2512	2,0727	1,2658	0,3818
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.29 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.

Variables	V	P	IS	H
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,0096
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	-0,4217
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	0,5026
H	-0,0096	-0,4217	0,5026	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La ecuación correspondiente a la regresión lineal múltiple es la siguiente: H = -0.28058+0.35934*IS-0.00166*P*IS.

TABLA 4.30 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN POLINOMIAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
D	72	0	72	0,1367	0,8894	0,3761	0,1489
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.31 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Variables	V	P	IS	D
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,0120
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	0,3869
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	-0,3775
D	-0,0120	0,3869	-0,3775	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La ecuación correspondiente a la regresión no lineal múltiple es la siguiente: D = 0.69982-0.00399*V+0.00319*P-0.02577*IS+0.00003*V^2+0.00002*P^2-0.00746*IS^2.

TABLA 4.32 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON CON LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
D	72	0	72	0,1367	0,8894	0,3761	0,1489
V	72	0	72	8,4600	93,2739	44,1284	22,4112
P	72	0	72	4,0000	40,0000	18,9722	9,9151
IS	72	0	72	4,0049	5,3390	4,7039	0,4435

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.33 MATRIZ DE CORRELACIONES PARA EL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE DOMINANCIA DE SIMPSON DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE CON LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Variables	V	P	IS	D
V	**1,0000**	0,3367	-0,3260	-0,0120
P	0,3367	**1,0000**	-0,5867	0,3869
IS	-0,3260	-0,5867	**1,0000**	-0,3775
D	-0,0120	0,3869	-0,3775	**1,0000**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

La ecuación correspondiente a la regresión no lineal múltiple es la siguiente: D = 0.24873+0.00989*P-0.00001*V*P*IS.

TABLA 4.34 VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

Variable	Observaciones	Obs. con errores	Obs. sin errores	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
VELOCIDAD	72	0	72	8,4600	93,27	44,13	22,41
PROFUNDIDAD	72	0	72	4,0000	40,00	18,97	9,91
ÍNDICE DE SUSTRATO	72	0	72	4,0049	5,33	4,70	0,44
Chironomidae	72	0	72	0,0000	543,00	93,69	93,11
Hyallellidae	72	0	72	0,0000	344,00	42,36	60,64
Planariidae	72	0	72	0,0000	43,00	7,59	8,89
Elmidae	72	0	72	0,0000	54,00	3,05	7,20
Limnephilidae	72	0	72	0,0000	215,00	16,94	30,28
Glossosomatidae	72	0	72	0,0000	129,00	11,25	22,75
Haplotaxidae	72	0	72	0,0000	174,00	6,25	21,13
Ptilodactylidae	72	0	72	0,0000	112,00	8,09	21,90
Hydroptilidae	72	0	72	0,0000	103,00	5,29	18,05
Hydrobiosidae	72	0	72	0,0000	18,00	1,72	3,57

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.35 MATRIZ DE CORRELACIONES DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

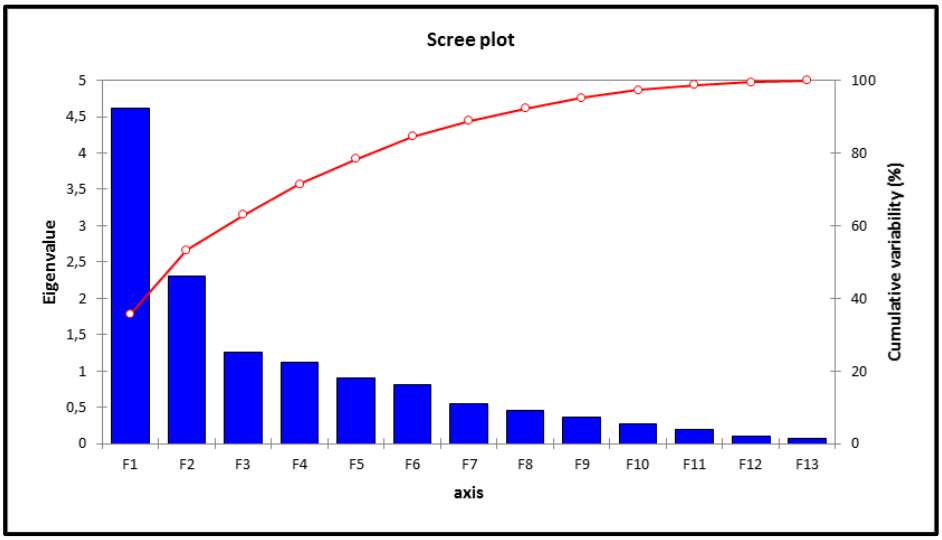
Variables	VEL.	PROF.	IS	Chiro no.	Hyallell i.	Planariida e	Elmida e	Limn e.	Glossos o.	Haplota x.	Ptilodac t.	Hydrop.	Hydrob io.
VELOCIDAD	**1**	**0,337**	**-0,326**	0,143	0,156	-0,125	**-0,234**	0,106	-0,098	**0,236**	0,073	0,094	0,053
PROFUNDIDAD	**0,337**	**1**	**-0,587**	0,054	**0,353**	**-0,387**	**-0,279**	**-0,260**	**-0,323**	0,091	**-0,327**	**-0,300**	**-0,402**
ÍNDICE DE SUSTRATO	**-0,326**	**-0,587**	**1**	-0,116	**-0,298**	**0,507**	**0,385**	**0,335**	**0,438**	-0,231	**0,365**	**0,347**	**0,442**
Chironomidae	0,143	0,054	-0,116	**1**	**0,566**	0,127	-0,059	**0,285**	-0,037	0,086	**0,298**	**0,300**	**0,287**

Variables	VEL.	PROF.	IS	Chiro no.	Hyallell i.	Planariida e	Elmida e	Limn e.	Glossos o.	Haplota x.	Ptilodac t.	Hydrop.	Hydrob io.
Hyallellidae	0,156	**0,353**	**-0,298**	**0,566**	**1**	-0,116	-0,123	-0,140	-0,175	0,130	-0,124	-0,095	-0,170
Planariidae	-0,125	**-0,387**	**0,507**	0,127	-0,116	**1**	**0,578**	**0,679**	**0,461**	-0,006	**0,505**	**0,346**	**0,571**
Elmidae	**-0,234**	**-0,279**	**0,385**	-0,059	-0,123	**0,578**	**1**	0,204	0,123	-0,084	0,090	0,141	0,232
Limnephilidae	0,106	**-0,260**	**0,335**	**0,285**	-0,140	**0,679**	0,204	**1**	**0,280**	0,054	**0,674**	**0,523**	**0,795**
Glossosomatidae	-0,098	**-0,323**	**0,438**	-0,037	-0,175	**0,461**	0,123	**0,280**	**1**	-0,064	**0,237**	0,080	**0,238**
Haplotaxidae	**0,236**	0,091	-0,231	0,086	0,130	-0,006	-0,084	0,054	-0,064	**1**	-0,045	-0,070	-0,074
Ptilodactylidae	0,073	**-0,327**	**0,365**	**0,298**	-0,124	**0,505**	0,090	**0,673**	**0,237**	-0,045	**1**	**0,882**	**0,832**
Hydroptilidae	0,094	**-0,300**	**0,347**	**0,300**	-0,095	**0,346**	0,141	**0,523**	0,080	-0,070	**0,882**	**1**	**0,799**
Hydrobiosidae	0,053	**-0,402**	**0,442**	**0,287**	-0,170	**0,571**	0,232	**0,795**	**0,238**	-0,074	**0,832**	**0,799**	**1**

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Conforme a lo presentado anteriormente en la TABLA 4.35, se puede evidenciar que la familia Haplotaxidae se relaciona con la velocidad (R=0,24); Hyallellidae con la profundidad (R=0,35) y Planariidae con el índice de sustrato (R=0,51); sin embargo en términos generales presentan valores de correlación bajas, en relación al valor sugerido de 0,70 (Pazmiño, 2010). Además en términos generales también se puede evidenciar que la mayoría de especies predominantes se relacionan en su mayoría con el índice de sustrato (IS).

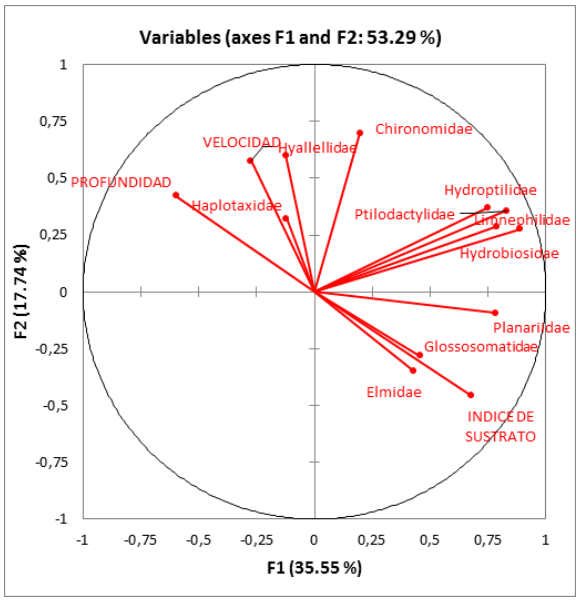
FIGURA 4.10 PORCENTAJE DE INFLUENCIA DE CADA VARIABLE ANALIZADA.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En la FIGURA 4.10, se presenta el porcentaje de influencia de cada una de las variables hidráulicas con las 10 especies predominantes, en el orden indicado previamente en la TABLA 4.35.

FIGURA 4.11 CÍRCULO DE CORRELACIONES COMPARATIVO ENTRE LAS VARIABLES HIDRÁULICAS Y LA ABUNDANCIA DE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

En el círculo de correlaciones indicado en la FIGURA 4.11, muestra las correlaciones existentes entre las preferencias hidráulicas y las especies de macroinvertebrados predominantes, dentro de los rangos establecidos (-1 y 1), observándose que la mayoría de especies predominantes presentan una correlación buena con respecto al índice de sustrato, es decir muestra una mayor influencia de dicha variable hidráulica.

A continuación en las TABLAS 4.36, 4.37 y 4.38, se indican los resultados establecidos a través del análisis estadístico ACP, entre las preferencias hidráulicas y las especies de macroinvertebrados bentónicos, tomando en cuenta los índices de diversidad de especies y sus coeficientes de correlación.

TABLA 4.36 CONTRIBUCIÓN DE VARIABLES (%) DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES ENTRE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES Y LAS PREFERENCIAS HIDRÁULICAS.

FAMILIAS PREDOMINANTES Y PREFERENCIAS HIDRÁULICAS	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
VELOCIDAD	0,33	15,62	6,84	15,11	0,01	15,75	37,60	7,63	0,27	0,07
PROFUNDIDAD	7,72	7,75	0,01	0,54	1,34	25,23	11,30	30,01	2,96	11,90
ÍNDICE DE SUSTRATO	9,95	9,10	0,51	0,76	1,87	0,36	12,40	3,02	46,98	13,40
Chironomidae	0,84	21,18	16,11	6,50	2,80	2,07	0,04	9,49	4,55	32,00
Hyallellidae	1,63	14,41	30,40	3,89	1,98	0,04	4,03	3,77	7,28	26,50
Planariidae	13,17	0,37	11,22	7,04	0,78	4,06	3,05	0,24	0,14	8,63
Elmidae	3,93	5,25	18,96	1,14	35,40	3,92	6,68	0,74	9,29	2,32
Limnephilidae	13,48	3,59	0,08	4,23	0,08	1,88	19,30	10,75	9,30	0,04
Glossosomatidae	4,49	3,45	2,11	8,74	52,19	4,28	0,12	5,68	13,01	0,43
Haplotaxidae	0,32	4,52	0,54	44,93	1,06	41,10	0,01	5,75	0,26	1,22
Ptilodactylidae	14,89	5,50	4,79	1,25	0,03	0,24	0,19	8,16	1,88	3,32
Hydroptilidae	12,18	5,97	6,43	5,52	1,86	1,04	4,29	14,39	3,72	0,05
Hydrobiosidae	17,05	3,28	2,05	0,34	0,54	0,01	0,65	0,33	0,30	0,07

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.37 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

N°	FAMILIA	PARÁMETRO HIDRÁULICO	R
1	Chironomidae	Velocidad	0,14270239
2	Hyallellidae	Profundidad	0,35309328
3	Planariidae	Índice de Sustrato	0,50693345
4	Elmidae	Índice de Sustrato	0,38499975
5	Limnephilidae	Índice de Sustrato	0,33503169
6	Glossosomatidae	Índice de Sustrato	0,43746945
7	Haplotaxidae	Velocidad	0,23632296
8	Ptilodactylidae	Índice de Sustrato	0,36533116
9	Hydroptilidae	Índice de Sustrato	0,34667213
10	Hydrobiosidae	Índice de Sustrato	0,44176638

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.38 FAMILIAS, ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS PREDOMINANTES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICA.

FAMILIA	ÍNDICE DE DIVERSIDAD	PARÁMETRO HIDRÁULICO	R
Hyallellidae	Shannon	Profundidad	0,46
Chironomidae	Dominancia de Simpson	Profundidad	0,27
Chironomidae	Shannon	Índice de Sustrato	0,16
Planariidae	Shannon	Índice de Sustrato	0,51
Elmidae	Shannon	Índice de Sustrato	0,40
Glossosomatidae	Shannon	Índice de Sustrato	0,44
Haplotaxidae	Shannon	Profundidad	0,12
Haplotaxidae	Shannon	Velocidad	0,16
Ptilodactylidae	Dominancia de Simpson	Índice de Sustrato	0,32
Hydroptilidae	Dominancia de Simpson	Índice de Sustrato	0,33

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Con base a los resultados presentados anteriormente, a continuación se procede con su análisis y discusión, descritos a continuación:

- El índice de riqueza de Margalef no se correlaciona con ninguno de los valores característicos de las preferencias hidráulicas de la zona de estudio, con valores de r próximos a 0.

- El índice de diversidad de Shannon, se correlaciona al índice de sustrato, tanto para el análisis de regresión lineal y polinomial múltiple, con un valor de r= 0,51.
- El índice de dominancia de Simpson, se correlaciona con la profundidad, tanto para el análisis de regresión lineal y polinomial múltiple, con un valor de r=0,39.
- Con base al resultado de las matrices de correlaciones presentadas tanto en el análisis de componentes principales como en los análisis de regresión, las familias predominantes se encuentran asociadas a las siguientes preferencias hidráulicas, citadas a continuación:

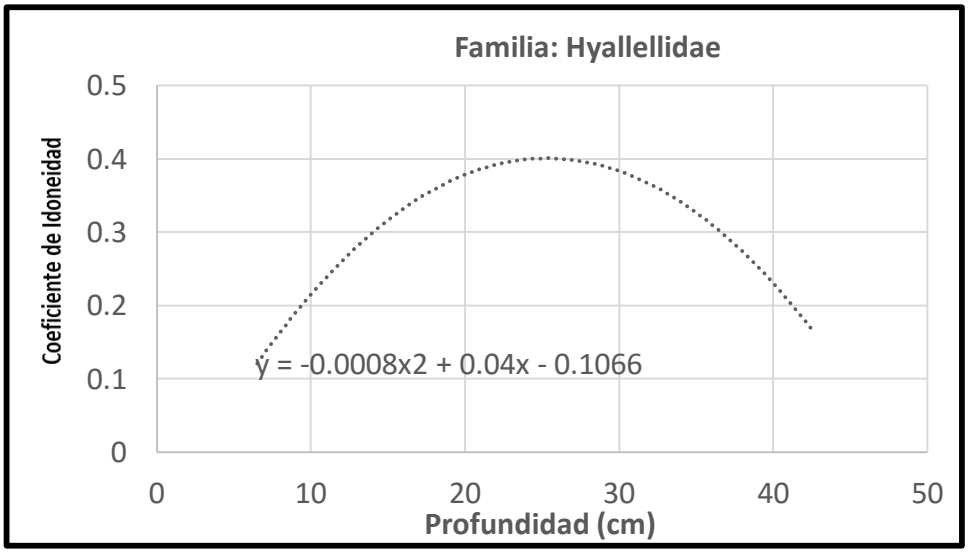
    - ✓ Velocidad: Haplotaxidae
    - ✓ Profundidad: Hyallellidae
    - ✓ Índice de Sustrato: Planariidae, Elmidae, Limnephilidae, Glossosomatidae, Ptilodactylidae, Hydroptilidae, Hydrobiosidae y Hyallellidae.
- Las familia Planariidae es la que presenta el mayor coeficiente de correlación asociado al índice de sustrato (r=0,51).
- Los factores correspondientes a las familias Hydroptilidae e Hydrobiosidae, fueron descartadas debido a su poca abundancia, dentro del espacio muestral de la taxonomía existente en la zona de estudio.
- Los resultados dados en el círculo de correlaciones afirman nuevamente que la abundancia de las familias se encuentran influenciadas principalmente por la composición de sustrato, a través del índice de sustrato.
- La familia Hyallellidae es el factor más influyente con respecto al índice de sustrato.
- Los análisis de regresión lineal múltiple y componentes generados entre los índices de diversidad con los parámetros hidráulicos, confirmaron al índice de sustrato como la preferencia hidráulicas más influyentes en relación a la abundancia de las especies, con valores de coeficientes de correlación que

varían desde 0,32 a 0,51; seguido por la profundidad, mientras que la velocidad no resulta ser influyente con la abundancia de las familias.

4.7. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE PREFERENCIA HIDRÁULICAS PARA LOS MACROINVERTEBRADOS MÁS PREDOMINANTES EN EL RÍO JATUNHUAYCO.

Con base a los resultados obtenidos del análisis estadístico entre la densidad de macroinvertebrados bentónicos a través de los índices de diversidad de especies de Shannon (H), Dominancia de Simpson (D) y riqueza de Margalef (I) con los parámetros hidráulicos (velocidad, profundidad y sustrato) presentados y analizados en el numeral anterior, a continuación en las FIGURAS 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 y 4.21, se presentan las curvas de preferencia hidráulicas características para las especies de macroinvertebrados predominantes de la zona de estudio, propósito de la presente investigación, conforme al marco teórico y metodología planteado en el subcapítulo 3.8.

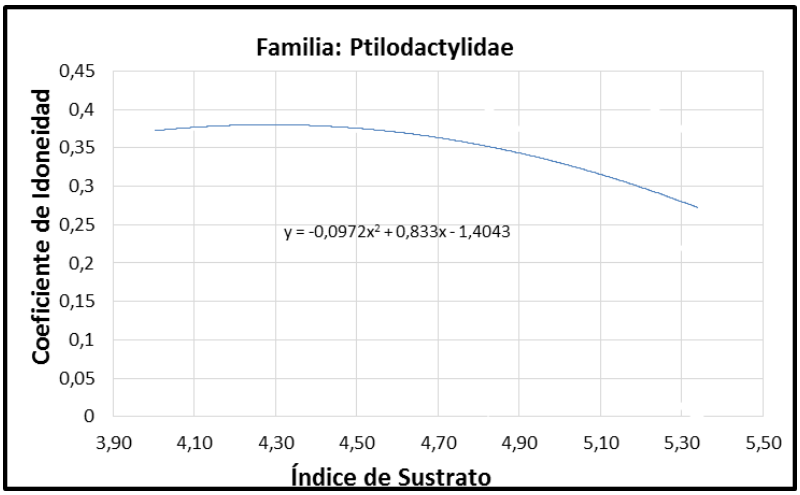
FIGURA 4.12 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HYALLELLIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Hyallellidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.12, se tiene un coeficiente de idoneidad (0 -1) de 0,4 para la variable hidráulica de la profundidad en un rango comprendido entre 4 y 45 cm.

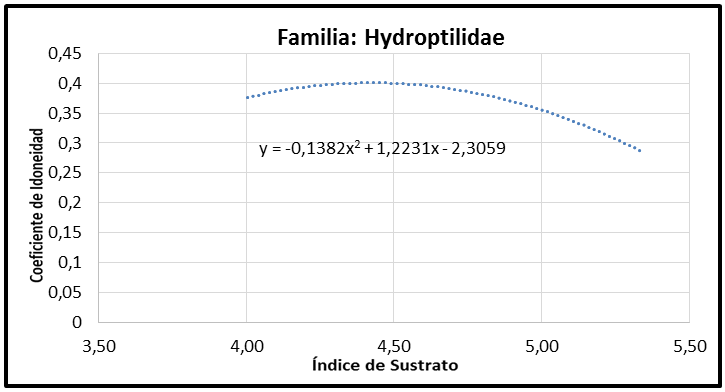
FIGURA 4.13 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA PTILODACTYLIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Ptilodactylidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.13, se tiene un coeficiente de idoneidad (0 – 1) de 036, para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 3,90 y 5,40, para suelos granulares.

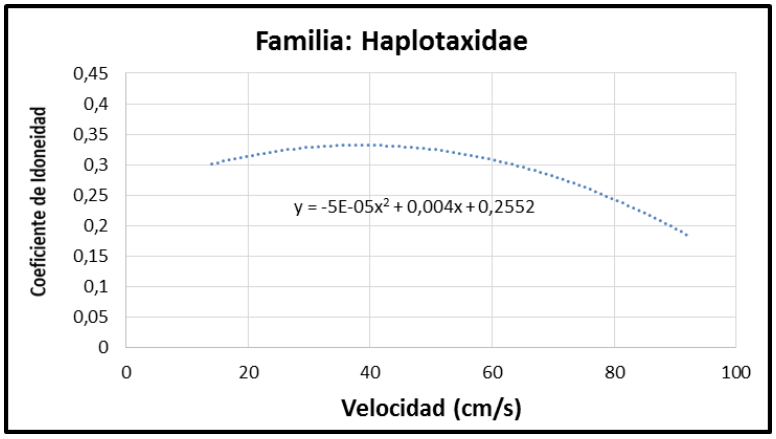
FIGURA 4.14 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HYDROPTILIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Hydroptilidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.14, se tiene un coeficiente de idoneidad (0 – 1) de 0,4 para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 4 y 5,40, característicos de suelos granulares.

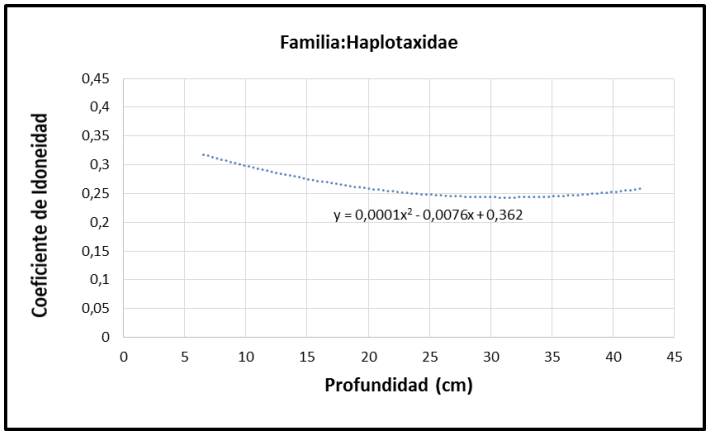
FIGURA 4.15 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HAPLOTAXIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Hydroptilidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.15, se tiene un coeficiente de idoneidad (0 -1) de 0,3, para la variable hidráulica de la velocidad en un rango comprendido entre 15 y 90 cm/s.

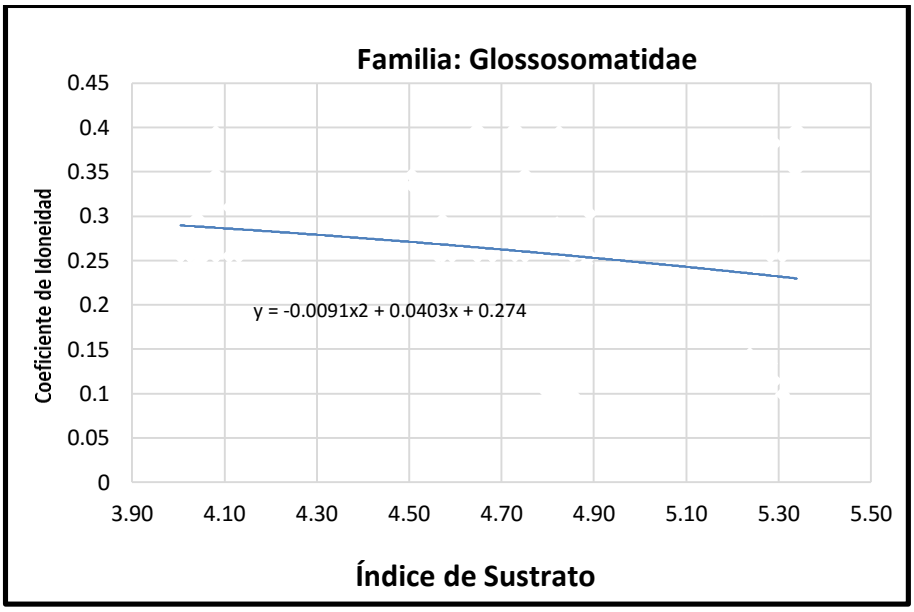
FIGURA 4.16 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA HAPLOTAXIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Haplotaxidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.16, se tiene un coeficiente de idoneidad (0 – 1) de 0,25, para la variable hidráulica de la profundidad en un rango comprendido entre 5 y 45 cm.

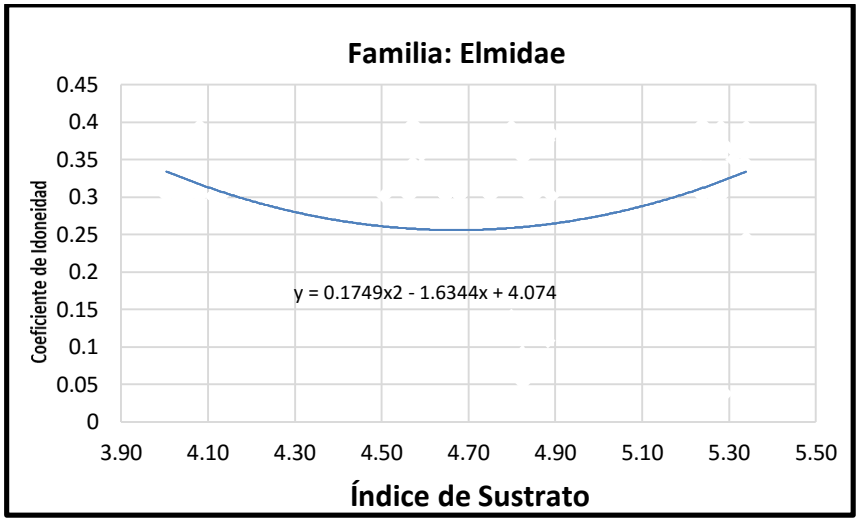
FIGURA 4.17 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA GLOSSOMATIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Haplotaxidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.17, se tiene un coeficiente de idoneidad de 0,2, para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 3,90 y 5,40, característico de suelos granulares.

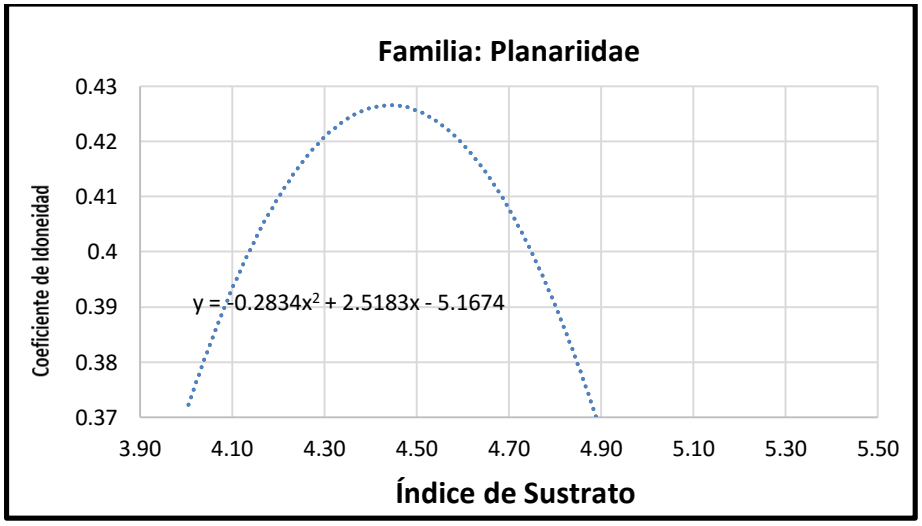
FIGURA 4.18 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA ELMIDAE



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Elmidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.18, se tiene un coeficiente de idoneidad de 0,25, para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 3,90 y 5,40, característico de suelos granulares.

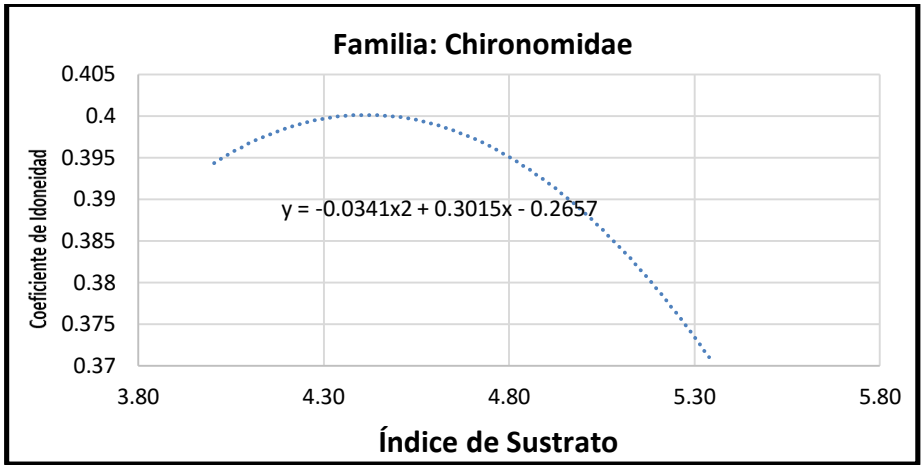
FIGURA 4.19 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA PLANARIIDAE



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Planariidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.19, se tiene un coeficiente de idoneidad de 0,43, para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 4 y 4,90, característico de suelos granulares.

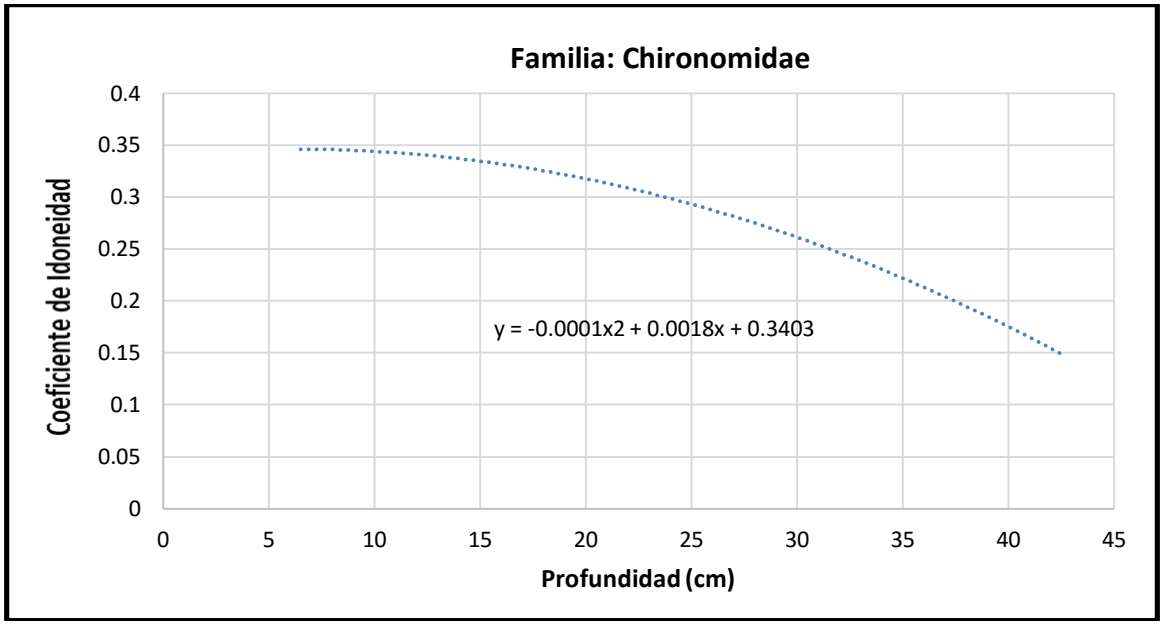
FIGURA 4.20 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA CHIRONOMIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Planariidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.20, se tiene un coeficiente de idoneidad de 0,40, para la variable hidráulica del índice de sustrato en un rango comprendido entre 4 y 5,40, característico de suelos granulares.

FIGURA 4.21 CURVA DE PREFERENCIA HIDRÁULICA, FAMILIA CHIRONOMIDAE.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

Para la familia Planariidae, conforme a lo indicado en la FIGURA 4.21, se tiene un coeficiente de idoneidad de 0,35, para la variable hidráulica de la profundidad en un rango comprendido entre 5 y 45 cm.

Con base a las curvas preferencia hidráulicas características para las familias predominantes de la zona de estudio presentadas anteriormente, a continuación se presenta el análisis de las mismas y su relación con los ecosistemas de ríos de páramo.

- La normalización de los índices de diversidad de especies, no se ajustaron a 1; llegando a valores máximos de idoneidad de 0,45 y como mínimo de 0,2.
- Los valores de normalización de log normal, no se ajustó para ninguna especie a los valores de idoneidad de 1, dando por lo general valores muy superiores a 1.
- En la mayoría de curvas de preferencia generadas para las especies predominantes, sus índices de diversidad fueron normalizados a través de la distribución normal estándar.
- El índice de diversidad de Shannon es el índice de diversidad predominante, en la generación de curvas de preferencia; teniéndose para el caso del índice de dominancia de Simpson, valores muy pequeños, los cuales también generaron valores de correlación negativos o cercanos a cero, para las diferentes familias predominantes.
- Para la generación de las curvas de preferencia hidráulicas para el índice de sustrato, no fue posible agrupar los datos, esto debido a que los valores del índice de sustrato no presentan una variación considerable de valores, por lo que se normalizó las curvas con datos no agrupados.
- Los rangos de los valores contemplados para las curvas de preferencia, se encuentran dentro de los siguientes valores:
    - ✓ Profundidad: 5 – 45 cm
    - ✓ Índice de Sustrato: 4 – 5,30
    - ✓ Velocidad: 15 – 90 cm/s

- La curva de preferencia hidráulica de índice de sustrato generada para la familia Planariidae, presenta el menor rango de variables comprendida desde 4 a 4,90.
- Los rangos de profundidades comprendidos de 5 a 15 cm y de 35 a 42 cm, para la familia Hyallellidae, presenta los menores valores de idoneidad; mientras que en la escala de valores de 20 a 35 cm se presentan los mayores valores de idoneidad.
- Las curvas de preferencia hidráulicas de las familias Ptilodactylidae e Hydroptilidae para el índice de sustrato, presentan sus mayores valores de idoneidad entre los rangos comprendidos de 4,30 a 4,70.
- La curva de preferencia hidráulica del índice de sustrato para la familia Haplotaxidae, presenta valores de idoneidad menores en el comprendido entre 25 y 35 cm.
- La curva de preferencia hidráulica para el índice de sustrato de la familia Glossosomatidae, presenta una distribución parecida a la lineal decreciente, teniendo el menor valor de idoneidad en el valor de índice de sustrato de 5,30.
- La curva de preferencia hidráulica del índice de sustrato para la familia Elmidae, presenta los mayores valores de idoneidad en los rangos iniciales (4 – 4,30) y finales del mismo (4,90 – 5,30), mientras que los menores valores los presenta en la escala central (4,30 – 4,90).
- La curva de preferencia hidráulica del índice de sustrato y profundidad de la familia Chironomidae, presenta una distribución polinomial decreciente; teniendo sus máximos valores en el rango comprendido entre 4 – 4,40; mientras que los mínimos valores se encuentran de 4,40 a 5,30; teniendo en el tramo de 5,30 un valor de idoneidad de 0,38; mientras tanto que en lo referente a la profundidad, presenta sus mayores valores de idoneidad en los rangos de 6 a 15 cm y sus valores mínimos en los rangos comprendidos entre 15 y 43 cm; con un valor mínimo de idoneidad de 0,15.
- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias Chironomidae, Hyallellidae, Planariidae, Elmidae y Glossosomatidae, son características o predominantes para la época seca correspondiente a la campaña 1, conforme a lo determinado en el subcapítulo 4.5.1.1.

- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias Chironomidae, Hyallellidae, Ptilodactylidae, Haplotaxidae e Hydroptilidae, son características o predominantes para la época invernal correspondiente a la campaña 2, conforme a lo determinado en el subcapítulo 4.5.1.2.
- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias Chironomidae, Hyallellidae y Haplotaxidae, son características o predominantes para la zona aguas arriba de la zona de estudio, conforme a lo determinado en el subcapítulo 4.5.1.3.
- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias Chironomidae, Glossosomatidae, Hyallellidae, Ptilodactylidae, Planariidae e Hydroptilidae, son características o predominantes para la zona aguas abajo de la zona de estudio, conforme a lo determinado en el subcapítulo 4.5.1.4.
- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias Chironomidae, Hyallellidae y Glossosomatidae, son características para la superficie total de la zona de estudio, de acuerdo al subcapítulo 4.5.1.5., por lo tanto se pueden considerar características para ecosistemas de ríos de páramo.

4.8. GENERACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

Con base al análisis de los resultados obtenidos del modelo hidrológico conceptual planteado para la presente investigación, en la TABLA 4.39 se presenta un resumen general de la caracterización hidrometeorológica, la cual contempla el rango de variación de precipitaciones, temperaturas y caudales, además del caudal ecológico para la microcuenca del río Jatunhuayco, tomando en cuenta que el resto de características generales de la zona de estudio fueron indicadas previamente en la TABLA 4.3, correspondiente al subcapítulo 4.2.

TABLA 4.39 CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

PRECIPITACIÓN (mm)	3,80 – 96,64
PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	62,27
TEMPERATURA (°C)	3,70 – 11,85
TEMPERATURA MEDIA (°C)	9,27
CAUDAL MÁXIMO ($Q_{máx}$)	0,36 m^3/s
CAUDAL MEDIO (Q_{med})	0,25 m^3/s
CAUDAL MÍNIMO ($Q_{mín}$)	0,15 m^3/s
CAUDAL ECOLÓGICO (Q_{ec})	0,031 – 0,166 m^3/s

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

A continuación en los ítems siguientes, se presenta al análisis de los resultados generados en el modelo hidrológico conceptual, se pueden indicar los siguientes aspectos relevantes:

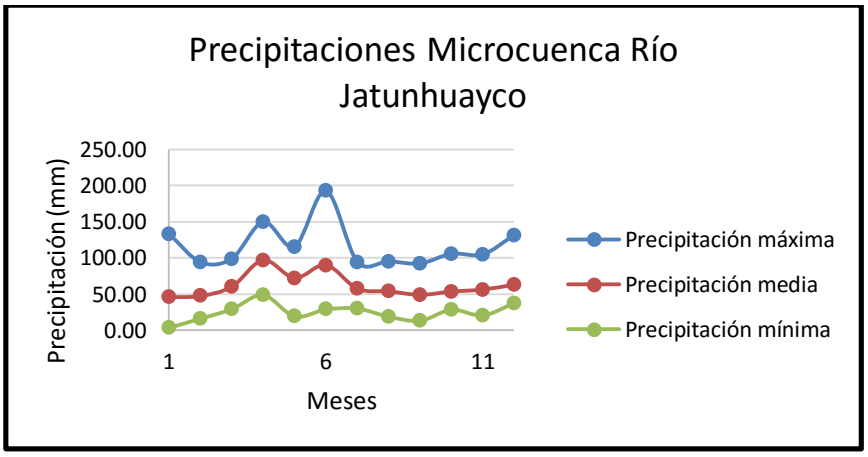
- Se identificaron las siguientes estaciones meteorológicas para la estimación de las precipitaciones máximas, medias y mínimas a través de los Polígonos de Thiessen:

    - La Mica
    - Ppáramo
    - Humboldt
    - Crespos
    - Antisana
    - Totalizador

- P Glaciar
- Morrena
- Loreto Pedregal
- Izobamba

- No se identificó mayores problemas en la correlación de datos de las diferentes estaciones meteorológicas consideradas para la determinación de precipitaciones de la zona de estudio, obteniéndose el mínimo valor de correlación (r= 0,57) para el relleno de datos de la estación meteorológica La Mica, sin embargo utilizada dado que fue el mayor coeficiente de correlación evaluado para todas las estaciones meteorológicas consideradas.
- Las estaciones La Mica y Ppáramo, son las estaciones más cercanas a la zona de estudio, las cuales sirvieron como insumo para la determinación de las precipitaciones medias, mínimas y máximas.
- Con base al análisis de resultados de los resultados de las precipitaciones, se identificó el siguiente régimen de precipitaciones por cada mes del año para la microcuenca del río Jatunhuayco, mostrado a continuación en la FIGURA 4.22 y TABLA 4.40.

FIGURA 4.22 RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.40 PRECIPITACIONES MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO).

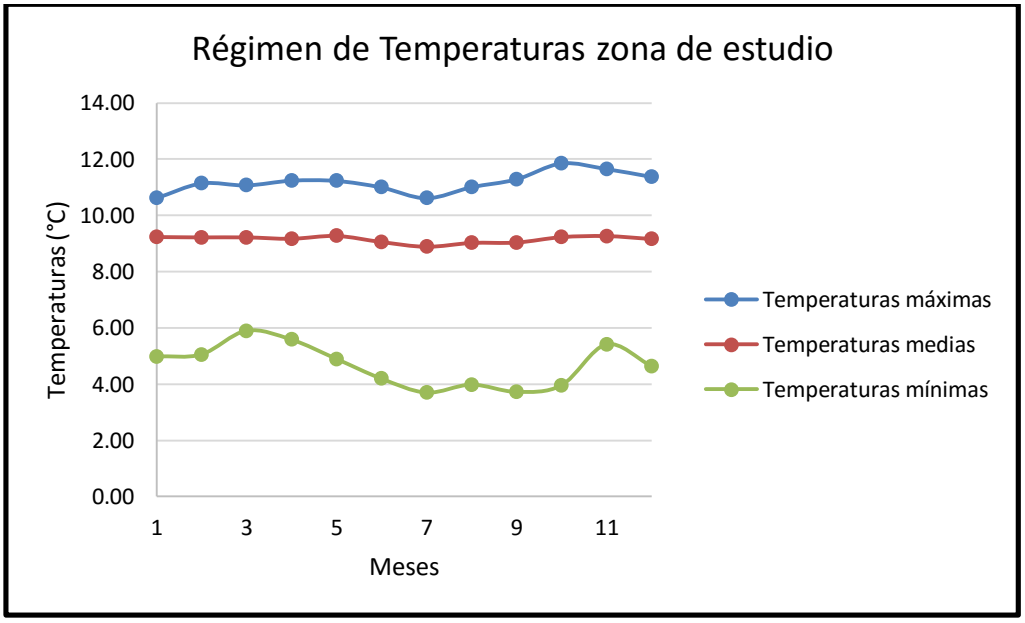
	MESES DEL AÑO														
	ENE.	FEB.	MAR.	AB.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOST.	SEPT.	OCTUB.	NOV.	DIC.	MÁX.	MED.	MÍN
Pmáx (mm)	133,29	93,98	98,82	149,74	115,49	193,2	94,43	95,1	92,05	105,55	104,86	131,62	193,2	117,34	92,05
Pmed (mm)	46,03	47,65	60,37	96,64	72,19	90,03	57,68	54,01	49,32	53,69	56,48	63,12	96,64	62,27	46,03
Pmín (mm)	3,8	16,42	29,55	48,89	19,51	29,15	30,38	19,1	13,65	28,65	20,9	37,88	48,89	24,82	3,8

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

- Se pudo identificar además que en los meses de Enero, Febrero, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre se presentan las menores precipitaciones; mientras que en los meses faltantes de Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio se presentan las mayores precipitaciones.
- En el mes de junio se presentan las mayores precipitaciones, seguido del mes de abril; mientras que en los meses de febrero, marzo, julio, agosto y septiembre, se presentan las menores precipitaciones a lo largo del año en la zona de estudio.
- Sólo se pudieron identificar 4 estaciones meteorológicas (Papallacta, Tumbaco, Izobamba y La Tola) con series de datos de temperatura para la zona de estudio, esto debido a que el resto de estaciones tenía una baja disponibilidad de datos (2 años como máximo), por lo que el cálculo de las temperaturas para la zona de estudio se basó en dichas estaciones.

- La mayoría de datos de temperatura fueron rellenadas con la media, esto debido al bajo valor de correlación de los datos de temperatura de las diferentes estaciones meteorológicas consideradas; obteniéndose los mayores valores de correlación entre las estaciones de Tumbaco y Papallacta.
- Tomando en cuenta que no se encontró estaciones con un piso altitudinal igual a la de la zona de estudio, las ecuaciones generadas con base a la regresión lineal con la altitud de las diferentes estaciones meteorológicas consideradas, fue ajustada mediante el factor de ajuste comprendido entre las altitudes de la zona de estudio con la mayor altitud de las estaciones seleccionadas.
- Con base al análisis de resultados de los resultados de las temperaturas, se identificó el siguiente régimen de temperaturas por cada mes del año para la microcuenca del río Jatunhuayco, mostrado a continuación en la FIGURA 4.23 y TABLA 4.41.

FIGURA 4.23 RÉGIMEN DE TEMPERATURAS PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.



ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

TABLA 4.41 TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO (MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO).

	MESES DEL AÑO														
	ENE.	FEB.	MAR.	AB.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOST.	SEPT.	OCTUB.	NOV.	DIC.	MÁX.	MED.	MÍN
Tmáx (°C)	10,62	11,14	11,07	11,24	11,23	11	10,62	11	11,28	11,85	11,65	11,37	11,85	11,17	10,62
Tmed (°C)	9,23	9,22	9,22	9,17	9,27	9,05	8,89	9,02	9,04	9,23	9,27	9,16	9,27	9,15	8,89
Tmín (°C)	4,98	5,05	5,89	5,58	4,89	4,19	3,7	3,98	3,72	3,95	5,41	4,64	5,89	4,67	3,7

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

- Se puede evidenciar que las máximas temperaturas se presenta en el mes de octubre, concordante con los meses de menores precipitaciones presentadas en la zona de estudio.
- En el mes de julio se presentan los menores valores de temperatura, adicionando que en dicho mes también se presentan las mayores precipitaciones, por lo que sería importante considerar dicho mes, por posibles heladas que puedan presentarse.
- En lo referente a los caudales se pudo identificar que la estimación de caudales a partir de la curva de duración general generó resultados apropiados para los caudales medios y máximos; sin embargo para el caudal ecológico hay una variación considerable en relación a la metodología de Tessman y caudal base.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las curvas de preferencia hidráulicas generadas para la zona de estudio, corresponden a las de ríos de páramo, para pisos altitudinales que varían de 4.100 a 4.500 msnm.
- No se cuenta con presencia de limos y arcillas en la composición de sustrato de la zona de estudio.
- No se pudo contar con curvas de preferencia hidráulicas características de las otras especies identificadas en el muestreo de macroinvertebrados como por ejemplo Hydrobiosidae, debido a que estas tenían una baja diversidad y poca abundancia.
- Aguas arriba de la zona de captación, se identifica una menor composición de sustrato en referencia a la zona aguas abajo, observándose que la presencia de agregados gruesos como bloques y cantos, si influyen directamente en el valor de los índices de sustrato, siendo el sustrato más predominante la arena.
- A lo largo de toda la superficie de estudio, tanto aguas arriba como aguas abajo, se pudo evidenciar que existe una ligera contaminación de las aguas tomando en cuenta los parámetros de calificación del ABI, además de presencia de contaminación de aguas principalmente por minerales o sales dados a partir de la conductividad, seguido por la de materia orgánica, principalmente por DBO y Porcentaje de Oxigeno Saturado.
- Las especies de macroinvertebrados más abundantes existentes en la zona de estudio son la Chironomidae y la Hyallellidae, sin embargo también para identificar las especies predominantes es importante también analizar la distribución de los datos de abundancia, además de los valores y distribución de los índices de diversidad de especies.

- El índice de diversidad de Shannon presentó los mayores valores del factor de correlación con las diferentes preferencias hidráulicas (índice de sustrato y profundidad), sin embargo la velocidad no presentó una buena correlación con los índices de diversidad y abundancia de las familias predominantes, concluyendo en que la velocidad no es una variable influyente en el comportamiento de las especies de macroinvertebrados bentónicos.
- El índice de Margalef no es influyente en el desarrollo de las diferentes curvas de preferencia hidráulicas generadas para las familias predominantes de la zona de estudio.
- Ninguno de los valores de los índices de diversidad de las curvas de preferencia, se ajustó a través de su normalización a 1, llegando a valores máximos de 0,4; esto se debe a bajos valores de índices de diversidad de Shannon y de dominancia de Simpson de algunas especies de macroinvertebrados identificadas, además de una relativa baja riqueza.
- El índice de sustrato fue la preferencia hidráulica más predominante en relación a la abundancia y diversidad (Shannon) de las diferentes especies de macroinvertebrados predominantes identificadas, para la zona de estudio.
- El índice de diversidad de Shannon presentó mayor factor de correlación con las diferentes preferencias hidráulicas.
- No se contó con suficientes estaciones meteorológicas con series de datos de continuos que permitan definir un modelo de isotermas a lo largo de la zona de estudio, razón por la cual se generó un modelo matemático con base a la altura, que permitió generar los valores de temperaturas máximas, medias y mínimas para la zona de estudio.
- En lo referente a la generación de precipitaciones máximas, medias y mínimas, se pudo identificar que las estaciones influyentes para la microcuenca del río Jatunhuayco son: La Mica y Pparamo, y a su vez los polígonos de Thiessen fueron utilizados debido a que no existían fuertes pendientes o una topografía irregular en toda la zona de estudio, además que el modelo hidrológico planteado es de tipo conceptual.

5.2. RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta los pisos altitudinales característicos de los ríos de páramo, en caso de requerirse curvas de preferencia hidráulicas para pisos altitudinales menores a los 4000 msnm, se recomienda generar otro estudio característico.
- Se recomienda principalmente en lo referente a la estimación de caudales máximos para la zona de estudio, que estos sean comparados con otras metodologías menos conceptuales como: hidrogramas unitarios, sintéticos, método racional,
- Se recomienda no correlacionar familias con poca presencia de individuos con los parámetros hidráulicos, debido a que estos generan valores muy bajos de índices de diversidad, los cuales no permiten tener una buena calidad de regresión lineal con los parámetros hidráulicas y a su vez también bajos índices de idoneidad.
- Se recomienda generar una mayor cantidad de muestreos de las especies de macroinvertebrados y de los parámetros hidráulicos, a lo largo de toda la zona de estudio que permitan tener principalmente índices de dominancia de Simpson y diversidad de Shannon mayores y con ello coeficientes de idoneidad mayores que tiendan a 1.
- Se recomienda en lo referente a la estimación de temperaturas máximas, medias y mínimas que se evalúen las temperaturas con otra metodología como por ejemplo el desarrollo de isotermas.
- Se recomienda evaluar la estimación del caudal máximo para la zona de estudio, con el desarrollo de métodos más elaborados como; racional e hidrogramas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

1) *Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). "Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú". Limnetica, 28(1), 35–64.*
2) *Aguirre, N., Torres, J., Velasco, P. (2014). "Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana". Fondo para la Protección del Agua (FONAG), Quito, Ecuador.*
3) *Alba-Hincapié, Á. M., González-Rey, G., & Longo, M. (2016). "Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia". Biota Colombiana, 2016, vol. 17. Bogotá.DC., Colombia.*
4) *Alomía, I. & Chimbo, J. (2014). "Aplicación de una metodología para evaluar el caudal ambiental en dos proyectos hidroeléctricos de alta montaña en Ecuador: Presas el Labrado y Vhanlud de la microcuenca del rio Machangaram Provincia Azuay y Cañar". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador (pp. 18).*
5) *Anderson, E., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., . Ruiz, D. (2011). "Consequences of Climate Change for Ecosystems and Ecosystem Services in the Tropical Andes". En S. Herzog, R. Martínez, P. Jorgensen, & H. Tiessen, Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes (págs. 118). San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global 95 Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).*
6) *Arroyo, C. (2007). "Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos". Proyecto final presentado como requisito para la Obtención del título Baccalareus Scientiae en Ecología Aplicada, Quito, Ecuador.*
7) *Ayora, M. (2016). "Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de microcuencas intervenidas y*

de referencia del cantón Loja". Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

8) *Bovee, D. (1982). "A Guide to Stream Habitat Analysis using the Instream Flow Incremental Methodology". Instr. Flow. Washington: Paper 12. USDI Fish and Wild. Serv.*
9) *Brooks, A. J., T. Haeusler, I. Reinfelds & S. Williams. (2005). "Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertabrate assemblages in riffles". Freshwater Biology, 50:331-344.*
10) *Calispa, M. (2010). "Modelación hidrológica de glaciares y páramos en relación con la oferta de agua de Quito". Pruebas de simulación en las cuencas del sistema La Mica del volcán Antisana. Quito: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*
11) *Camacho, L., Castellano, P. & Serrato, C. (2008). "Diversidad de Macroinvertebrados Acuáticos en un Nacimiento de Río en el páramo de Santuban". Norte de Santander, Colombia (pp. 80).*
12) *Cantera, J., Carvajal, Y., & Castro, L. (2009). "Caudal ambiental conceptos, experiencias y desafíos". Universidad del Valle. Cali. Colombia.*
13) *Cardona, W. (2012). ¨Curvas de Idoneidad de Hábitat para Macroinvertebrados Bentónicos: Una herramienta para la estimación de caudales ambientales¨. Candidato a obtener el título de Maestría en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia; pp. 71.*
14) *Carvacho Aránguiz, C. A. (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", pp.62.*
15) *Castellanos, P. & Serrato, C (2008). "Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán". Norte de Santander. Rev. Acad. Colombia. Cienc. 32(122): 79-86. ISSN: 0370-3908.*
16) *Cocha, J. (2009). "Estado Actual de la Calidad Físico – Química, Bacteorológica y Biológica del Agua de la Subcuenca del Río Yanuncay en*

dos estaciones climáticas (Invierno y Verano) del cantón Cuenca, provincia del Azuay – Ecuador". Trabajo de Graduación Previo a la Obtención del Título de Bióloga. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. pp. 56.

17) *Cuzco, J. (2014). "Análisis de estabilidad transitoria de las centrales hidroeléctricas de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.pp.278.*

18) *Diez-Hernández, J. M. & L. Burbano (2007). "Tecnología ecológica para la planificación de cuencas hidrográficas: regímenes de caudales ambientales". Facultad de Ciencias Agropecuarias, 5(2): 20-31.*

19) *Diez-Hernández. J. (2006). ¨Análisis comparativo de los métodos actuales de simulación hidráulica en PHABSIM-IFIM y su influencia en la evaluación del habitad fluvial". ¨Tesis doctoral, departamento de ingeniería agrícola y forestal. Escuela Técnica Superior de Ciencias Agrarias, Valladolid, España. pp.641.*

20) *Dolédec, S., N. Lamouroux, U. Fuchs & S. Mérigoux. 2007. "Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European streams". Freshwater Biology, 52:145-164.*

21) *EPMAPS (2015). "EPMAPS - Agua de Quito". Obtenido de http://www.aguaquito.gob.ec/*

22) *EPMAPS & FONAG. (2014). "Plan de Manejo Integral del Predio Antisana – Contadero". Quito, Ecuador.*

23) *EPN (2015). "Análisis de la Sensibilidad de los caudales ecológicos en el páramo a las variaciones del clima. Caso de estudio del Sistema de Captación La Mica en el volcán Antisana". Informe de visita técnica realizada a las captaciones de la EPMAPS (reserva ecológica Antisana). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito, Ecuador.*

24) *Esteves, F.A. 1988. "Fundamentos de Limnología". Ed. Interciencias.FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 578 pp.*

25) *Favier V, Coudrain A, Cadier E, Francou B, Ayabaca E, Maisincho L, Praderio E, Villacís M, Wagnon P (2008). "Evidence of groundwater flow on*

Antizana ice-covered volcano, Ecuador". Hydrological Sciences Journal 53(1): 278–291.

26) *FONAG. (2014). "Generación de indicadores de impacto de los procesos de restauración, en el componente Hidrológico dentro de la Unidad Hidrográfica Jatunhuayco". Obtenido de http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/fonag_monit__hidro_jatunhuaycu_ec.pdf.*

27) *FONAG (2013). "Términos de referencia para contratar administrador del Predio Antisana de propiedad de la empresa EPMAPS". Quito.Ecuador.*

28) *Fundación Antisana, USAID, The Nature Conservancy. (2005). "Estudio de Factibilidad para el desarrollo de actividades productivas para proteger la cuenca alta del río Antisana y el corredor turístico de influencia". Quito, Ecuador.*

29) *Gore, J. A., J. B. Layzer & J. Mead. 2001. "Macroinvertebrate instream flow studies after 20 years: a role in stream management and restoration". Regulated Rivers: Research and Management, 17:527-542.*

30) *Hagan, E. 2008. "Macroinvertebrate habitat availability and utilization on the Eno river".Tesis de Maestría, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences DukeUniversity, North Carolina, USA. 62p.*

31) *Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). "Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos". Revista de Biología Tropical, 58(Suppl. 4), 3– 37.*

32) *Hofstede, R., & Mena, P. (2004). "Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano". Obtenido de Proyecto Páramo Andino. Quito - Ecuador: http://www.condesan.org/e-foros/Bishkek/Bishkek%20B1Caso(R.Hofstede-P.Mena).htm.*

33) *INAMHI (2012). "Meteorología básica". Recuperado de: http.//www.inamhi.gob.ec/educativa/meteorología.htm.*

34) *Jacobsen D., Schultz R. & Escalada A (1997). "Structure and diversity of stream invertebrate assemblage: the influence of temperature with altitude and latitude Freshwater Biology". 38: 247-261.*

35) *López, J. (2016). "Análisis de la sensibilidad de macroinvertebrados a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua en el río Jatunhuayco". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

36) *Mayo, M. (2000). "Determinación de Regímenes de Caudales Ecológicos Mínimos". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Forestal. Madrid, España.*

37) *Margalef, R (1983). "Limnología". Omega, Barcelona. 1010 pp.*

38) *Mena, P., & Hofstede, R. (2006). "Los páramos ecuatorianos". Botánica Económica de los Andes Centrales, 91-109. Obtenido de http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf.*

39) *Mena, S. (2010). "Evolución de la Dinámica de los escurrimientos en zonas de alta montaña: caso volcán Antisana". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador (pp. 225).*

40) *Ministerio del Ambiente (2015). "Acuerdo Ministerial 097 – A". Quito. Ecuador.*

41) *Ministerio del Ambiente. (2013). "Sistema Nacional de Áreas Protegidas". Recuperado de: http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-antisana.*

42) *Monsalve, G (1995). "Hidrología en la Ingeniería". Santafé de Bogotá. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. Departamento de Publicaciones. Grupo Editorial 87. ISBN: 958-95742-1-1.*

43) *Olden, J. & Poff, N. (2003). "Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes".River Research and Applications 19 (2), pp.101-121. Link a la revista DOI: 10.1002/rra.700.*

44) *Ortiz E & Peralvo, M (2013). "Restauración de áreas degradadas de páramo a pequeña escala y diseño de un plan piloto de manejo adaptativo para zonas de amortiguamiento dentro de las microcuencas Antisana y Pita en áreas de aporte a los sistemas de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito". Quito. Ecuador.*

45) *Pardo, I., Alvarez, M., Casas, J., Moreno, J., Vivas, S., Bonada, N., Vidal, R (2002). "El hábitat de los ríos mediterráneos". Diseño de un índice de diversidad de hábitat. Limnética (21), 115-133.*

46) *Pazmiño, A. (2010). "Variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones en zonas de montaña: caso del volcán Antisana". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

47) *Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegaard, B. D. Richter, R. E.Sparks & J. E. Stromberg (1997). "The natural flow regime. Bioscience". 47(11): 769-784.*

48) *Puchol, R. (2011). "Análisis Granulométrico". Centro de investigaciones de soldadura, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba.*

49) *Ramírez, A. (1997). "Cuatro Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y Aplicaciones". Bogotá, Colombia.*

50) *Rios, B. (2009). "Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas". San Miguel de Tocuman. Argentina.*

51) *Roldán G. (2001). "Los macroinvertebrados de agua dulce de los andes tropicales". Págs: 122-123 En: Primack, R., Rozz, R., Feinsinger, P., Dorzo, R. & Nassardo, F. (Eds.) Fundamentos de la conservación, biología y perpectivas latinoamericanas. Fondo de la cultura económica, D.F. Mexico.*

52) *SAGARPA. (2015). "Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas". Subsecretaría de Desarrollo Rural. Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_HIDROLOG%C3%8DA.pdf.*

53) *Soria, I. (2016). "Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertabrados como indicadores de la calidad del agua". Proyecto Previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador (pp. 55).*

54) *Soriano, J. (2011). "Mecánica de Fluidos-Definiciones y Propiedades". Quito, Ecuador.*

55) *Statzner, B., J. A. Gore & V. H. Resh. 1998. "Monte Carlo simulations of benthic macroinvertebrate populations: estimates using random, stratified, and gradient sampling". Journal of the North American Benthological Society, 17(3): 324-337.*

56) *Suarez, D. (2014). "Manual de campo para el biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos". Quito, Ecuador, (pp. 2-25).*

57) *Tharme, R. (2003). "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River Research and Applications". University of Cape Town, Rhodes Gift, 7701, South Africa. Vol. 19, No 5-6, pp. 397-441.*

58) *Villacís, M. (2001). "Influencia de El Niño – Oscilación del Sur sobre la precipitación en los Andes Centrales del Ecuador". Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

59) *Wade, K.R., Ormerod, J.J., & Gee, A.S. 1989. "Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland Wales". Hydrobiologia, 171(1): 59-78.*

60) *Yépez, V. (2016). "Bases y criterios para la determinación de caudales ecológicos en ríos altoandinos tropicales". Proyecto Previo a la obtención del grado de Máster en Recursos Hídricos. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

ANEXO N° 1

FLORA SILVESTRE PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA.

ANEXO 1.1. FLORA PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA

FLORA SILVESTRE PRESENTE EN LA CUENCA DEL ANTISANA		
FAMILIA: APIACEAE	**FAMILIA:** APIACEAE	**FAMILIA:** APIACEAE
ESPECIE: Azorella aretioides	**ESPECIE:** Azorella pedunculata	**ESPECIE:** Oreomyrrhis andicola
FAMILIA: ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE
ESPECIE: Aphanactis ollgaardii	**ESPECIE:** Baccharis caespitosa	**ESPECIE:** Bidens andicola

FAMILIA: ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE
ESPECIE: Chuquiraga jussieui	**ESPECIE:** Conyza cardaminifolia	**ESPECIE:** Gamochaeta americana
FAMILIA: ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE
ESPECIE: Hypochaeris sessiliflora	**ESPECIE:** Lasiocephalus ovatus	**ESPECIE:** Loricaria thuyoides
FAMILIA: ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE	**FAMILIA:** ASTERACEAE

ESPECIE: Oritrophium limnophilum	**ESPECIE:** Werneria nubigena	**ESPECIE:** Lepidium abrotanifolium
FAMILIA: CAMPANULACEAE	**FAMILIA:** CAMPANULACEAE	**FAMILIA:** CAMPANULACEAE
ESPECIE: Lysipoma montioides	**ESPECIE:** Lysipomia multiflora	**ESPECIE:** Valeriana rigida
FAMILIA: CAPRIFOLIACEAE	**FAMILIA:** CAPRIFOLIACEAE	**FAMILIA:** CAPRIFOLIACEAE
ESPECIE: Valeriana microphylla	**ESPECIE:** Stellaria recurvata	**ESPECIE:** Cerastium candicans

FAMILIA: CARYOPHYLLACEAE	**FAMILIA:** CARYOPHYLLACEAE	**FAMILIA:** CARYOPHYLLACEAE
ESPECIE: Cerastium imbricatum	**ESPECIE:** Scleranthus annuus	**ESPECIE:** Cerastium vulgatum
FAMILIA: CARYOPHYLLACEAE	**FAMILIA:** CARYOPHYLLACEAE	**FAMILIA:** CARYOPHYLLACEAE
ESPECIE: Oreobolus ecuadorensis	**ESPECIE:** Uncinia paludosa	**ESPECIE:** Carex crinalis
FAMILIA: FABACEAE	**FAMILIA:** GENTIANACEAE	**FAMILIA:** GENTIANACEAE

ESPECIE: Lupinus microphyllus	**ESPECIE:** Halenia weddelliana	**ESPECIE:** Gentiana sedifolia
FAMILIA: GENTIANACEAE	**FAMILIA:** GENTIANACEAE	**FAMILIA:** GENTIANACEAE
ESPECIE: Gentianella cerastioides	**ESPECIE:** Gentianella rupícola	**ESPECIE:** Geranium multipartitum
FAMILIA: GERANIACEAE	**FAMILIA:** GERANIACEAE	**FAMILIA:** IRIDACEAE
ESPECIE: Geranium maniculatum	**ESPECIE:** Geranium sibbaldioides	**ESPECIE:** Sisyrinchium jamesonii
FAMILIA: JUNCACEAE	**FAMILIA:** MALVACEAE	**FAMILIA:** MONTIACEAE

ESPECIE: Juncus stipulates	**ESPECIE:** Nototriche jamesonii	**ESPECIE:** Calandrinia acaulis
FAMILIA: LAMIACEAE	**FAMILIA:** OROBANCHACEAE	**FAMILIA:** OROBANCHACEAE
ESPECIE: Clinopodium nubigenum	**ESPECIE:** Aa colombiana	**ESPECIE:** Bartsia pedicularoides
FAMILIA: OROBANCHACEAE	**FAMILIA:** POACEAE	**FAMILIA:** POACEAE
ESPECIE: Castilleja nubigena	**ESPECIE:** Bromus lanatus	**ESPECIE:** Calamagrostis fibrovaginata

FAMILIA: PLANTAGINACEAE	**FAMILIA:** PLANTAGINACEAE	**FAMILIA:** PLANTAGINACEAE
ESPECIE: Plantago nubigena	**ESPECIE:** Plantago linearis	**ESPECIE:** Plantago rigida
FAMILIA: RANUNCULACEAE	**FAMILIA:** RANUNCULACEAE	**FAMILIA:** RANUNCULACEAE
ESPECIE: Caltha sagittata	**ESPECIE:** Ramunculus flageliformis	**ESPECIE:** Ranunculus praemorsu

FAMILIA: ROSACEAE	**FAMILIA:** RUBIACEAE
ESPECIE: Lachemilla orbiculata	**ESPECIE:** Nertera granadensis

FUENTE: Ortiz & Peralvo, 2013**.**

ANEXO N° 2

HOJA DE CAMPO – PROYECTO PIMI 14 -06

ANEXO 2.1. HOJA DE CAMPO

HOJA DE CAMPO – PROYECTO PIMI 14-06		
FECHA:	HORA:	ESTACIÓN
OBSERVADOR:		
RÍO:	UTMX:	UTMY:
ALTITUD: msnm	LOCALIZACIÓN:	
CONDICIONES METEOROLÓGICAS: Sol….. Nublado…… Lluvia……		LLUVIA EN LOS ÚLTIMOS 3 DÍAS. SI…… NO……

VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS					
pH		Temperatura °C		Conductividad (uS/cm)	
Oxígeno (mg/l) - % Sat.		STD (mg/l)			

OBSERVACIONES _____

_____

CAUDAL								
Distancia (cm)							**ÁREA**	
Profundidad (cm)							**(cm^2)**	

HOJA DE CAMPO – PROYECTO PIMI 14-06								
Revoluciones	0,2							**CAUDAL (l/s)**
	0,6							
	0,8							
Velocidad (cm/s)								
MACROINVERTEBRADOS								
Ancho máximo: ….. Profundidad máxima: ……				Velocidad del Agua Rápido…… Moderado……. Lento……..				
Superficie de las rocas: Limpia…… Periphyton……. Musgo ……. Sedimento……								
OBSERVACIONES_____ _____								

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ANEXO N° 3

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.

ANEXO 3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
CLASE: TURBELLARIA		
ORDEN: Tricladida		
FAMILIA: Planariidae		Pertenece a los llamados gusanos planos o planarias (platelmintos). Miden entre 2 y 4 cm. Viven en aguas estancadas, en remansos de las quebradas o de poca corriente, la presencia de los mismos aumenta con la contaminación orgánica. Son de nutrición omnívora y de simetría bilateral. Poseen gran capacidad de regeneración. Es un gran depredador.
CLASE: HIDRUDINEA		
ORDEN: Rhynchobdellida		
FAMILIA: Glossiphoniidae		A este grupo corresponde los gusanos con ventosas conocidos como sanguijuelas. Tienen un cuerpo conformado por 32 segmentos y dos ventosas. Su desplazamiento es lento. Miden entre 0,7 a 10 cm. Abundantes en zonas de remanso con abundante vegetación acuática y se adhiere en las raíces. Es un indicador de agua contaminada con materia orgánica. Es un predador.
CLASE: OLIGOCHAETA		
ORDEN: Haplotaxida		
		A este grupo pertenecen las lombrices de agua, son considerados como un indicador de máxima contaminación, pueden ser rojas o blancas según el hábitat. El medio en el que se encuentran tiene baja concentración de agua y por lo general habitan en remansos de los sistemas lóticos, en sedimentos suaves o vegetación acuática. Se alimentan de detritus, bacterias y algas.
CLASE: BIVALVIA		
ORDEN: Veneroida		
FAMILIA: Sphaeriidae		Se caracteriza por tener valvas frágiles y pequeñas (menos de 10 mm), se caracterizan por tener forma redondeada – ovalada. Por lo general se presentan en sustratos blandos en ríos, arroyos o lagunas, se adhieren a superficies duras como piedras.
CLASE: ARACHNIDA		
ORDEN: Trombidiformes		

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Hydrachnidae		Los ácaros acuáticos son un grupo muy variado, tienen por lo general cuerpos redondos con ocho patas. Abundantes en aguas de movimiento lento o remansos, en orillas entre vegetación sumergida, tolerantes a aguas con materia orgánica en descomposición. Sus adultos son predadores y en estado inmaduro son parásitos de otros macroinvertebrados.
CLASE: MELACOSTRACA		
ORDEN: Amphipoda		
FAMILIA: Hyllelidae		Conocidos comúnmente como camarones de agua dulce, su cuerpo se encuentra dividido en 13 segmentos, agrupados en cabeza – tórax – abdomen. Su último segmento se caracteriza por tener el último segmento de cola entero y por tener un par de apéndices en cada tórax. Mide desde 2,5 a 30 mm. Su tamaño depende la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua. Se encuentra por lo general en la periferia bentónica de los cuerpos de agua, como: lagos, charcas, ríos, manantiales y algunas veces en aguas subterráneas. Estos organismos no son tolerantes a la contaminación.
CLASE: INSECTA		
ORDEN: Ephemeroptera		
FAMILIA: Baetidae		Sus adultos son terrestres, pequeños, frágiles, con alas delicadas que se caracterizan por tener venación marcada. Las ninfas son acuáticas, de tamaño menor a 10 mm. Sus cabezas se encuentran bien definidas y redondeadas, con antenas visibles. Son buenos nadadores y su cuerpo aplanado le permite arrastrarse entre el bentos de la corriente y cascadas del sistema lotico. Son cosmopolitas y se encuentra debajo de los troncos, rocas, hojas y también adherido vegetación sumergida. Es un colector que se alimenta de perifitón y material vegetal. Es indicador de agua meso -oligotrófica o aguas corrientes y limpias con alta oxigenación.
ORDEN: Coleoptera		

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Scirtidae		Esta familia se caracteriza porque sus adultos son terrestres. Las larvas son aplanadas, alargadas y con antenas bastante largas. Miden entre 5 y 15 mm. Comunes entre hábitats lénticos. Se alimenta de material vegetal o en descomposición, son detritívoros y herbívoros, por lo general suelen pupar en el suelo o entre el musgo, mientras que algunas de ellas lo suelen hacer dentro del agua.
FAMILIA: Elmidae		Esta familia se caracteriza porque tanto las larvas como la gran mayoría de los adultos son acuáticos. Sus adultos son pequeños (1- 15 mm) y de color oscuro, no son nadadores, pero sí se desplazan sobre el sustrato caminando lentamente. La mayoría de ellos viven en aguas corriente, con alto contenido de oxígeno, sin embargo algunas de ellas se pueden encontrar en aguas estancadas. Las larvas se encuentran junto a los adultos en el mismo ambiente, pudiendo llegar a ser muy numerosas. Son colectores y herbívoros.
ORDEN: Trichoptera		
FAMILIA: Glossosomatidae		Se caracterizan por ser Larvas con pseudopatas anales. Construyen capullos con forma de caparazón de tortuga, con dos orificios ventrales, por el anterior asoman la cabeza y las patas torácicas. Su tipo de construcción no permite el agrandamiento a medida que crece la larva, por lo que en cada estado deben desechar el viejo capullo y construir un nuevo más grande. Antes de empupar la larva corta, descarta la parte ventral de su capullo. Se encuentra en agua con mucha corriente, bastante oxigenada. Son indicadores de aguas oligotróficas. Es un raspador que se alimenta de material vegetal en descomposición o del perifitón y troncos sumergidos.
FAMILIA: Leptoceridae		Sus adultos tienen antenas mucho más largas que su cuerpo, que es delgado, recto y frágil. Sus larvas miden entre 7 y 15 mm, con patas muy prolongadas y mandíbulas bien desarrolladas, antenas evidentes. Construyen capullos cónicos con materiales diversos como: piedras, arena y hojas. Se ubican en ríos con corriente lenta bien oxigenados y en sustrato pedregoso; se alimentan de materia orgánica particular e indicadores de aguas pobres en nutrientes y de baja productividad.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Limnephilidae		Sus larvas se reconocen por una prolongación fuertemente arqueada en el esterno del protórax denominada cuerno prosternal. Pueden medir hasta 15 mm de largo, se alimentan por lo general de detritos y construyen casas o refugios de diferentes materiales, como: pedazos de plantas o piedras. Viven en lagos y ríos de agua fría y bien oxigenada.
FAMILIA: Hydroptilidae		Los primeros cuatro estadios larvales son minúsculos, tienen cuerpo alargado, patas semejantes, pseudopatas anales largas y no construyen capullos. Al pasar al quinto y último estadio larval construyen un capullo de seda, la cual usan también para empupar. Los capullos son cilíndricos o aplanados. Viven mayormente en aguas con corrientes lénticas (aguas estancadas) y son indicadores de agua oligotróficas (aguas pobres en nutrientes y de baja productividad).
FAMILIA: Hydrobiosidae		Miden de 10 a 12 mm. No construyen casas. Las larvas tienen patas anteriores prensibles y robustas para poder agarrar a sus presas, caracterizándose por ser predadores. Se ubican en aguas corrientes frías y bastante oxigenadas. Sus larvas están mayormente adheridas a sustratos pedregosos con poco material vegetal. Son indicadores de aguas pobres en nutrientes y de baja productividad.
FAMILIA: Hydropsychidae		Sus larvas habitan en sistemas lóticos (zonas de corriente moderada y fuerte), donde construyen refugios fijos ubicados en los intersticios entre las piedras en forma de redes para filtrar la materia orgánica en suspensión, las cuales son fácilmente reconocidas por sus branquias ramificadas en el abdomen y su piel densamente cubierta de saetas y pelos cortos. Su cuerpo es fuertemente curvado y en su madurez, mide entre 4 y 17 mm de largo. Toleran aguas con contaminación moderada y se consideran como indicadores de aguas más o menos ricas en bicarbonatos a eutróficas (aumento de biomasa).

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Hellicopsychidae		Sus larvas se reconocen fácilmente por sus capullos en forma de caracol, tienen una uña anal que posee una hilera de dientes de forma de peine. Insectos poco tolerantes a cambios de ecosistema por lo que tienen un alto valor como indicador de calidad de los ríos. Sus larvas se encuentran en aguas con corriente de todo tipo. Se alimentan rapando algas y detritus de la superficie superior de las piedras.
ORDEN: Díptera		
FAMILIA: Chironomidae		Los Chirinómidos adultos son dípteros pequeños (de 2 a 10 mm), muy parecidos a los mosquitos. Sus larvas son generalmente acuáticas, con cuerpo alargado y tubular, con 12 segmentos abdominales bien definidos, cabeza bien desarrollada y pequeña; no poseen patas. Se ubican en arroyos y lagos, en algunas ocasiones también se pueden encontrar en pozos, heces de animales y en ambientes húmedos. Sus larvas se alojan en una gran variedad de materiales como: piedras, tubos hechos de gran variedad de materiales, troncos pegados, arena y en el fondo del cuerpo de agua. Se alimentan de mezclas de algas, bacterias y materia orgánica encontradas en los sedimentos, se caracterizan por tolerar bajas concentraciones de oxígeno disuelto, por lo que son indicadores de aguas mesoeutróficas (nivel medios de nutrientes y de productividad).
FAMILIA: Simuliidae		La familia Simuliidae, los adultos se caracterizan por ser organismos terrestres de cuerpo pequeño, robusto, color marrón oscuro, denominados también “moscas negras”. Tanto machos como hembras se alimentan de néctar. Las larvas acuáticas son enlongadas, con cuerpo en forma de botella; al final del abdomen tienen ventosas y un par de ganchos que les sirven para poder sujetarse o fijarse en rocas o troncos, cuando principalmente se tiene turbulencia en las corrientes naturales los ríos. Su tamaño varía de 3 a 15 mm.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Empididae		Sus adultos de esta familia se encuentran generalmente cerca de los sistemas acuáticos, denominadas también “moscas acuáticas”. Sus larvas son apnéusticas, con pequeños tubérculos que terminan en finas setas y con 7 – 8 pares de propatas abdominales. Se ubican en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos.
FAMILIA: Tipulidae		Se caracteriza esta familia, porque sus adultos son terrestres, de cuerpo delgado y oscuro, patas delgadas y largas y alas angostas. Sus larvas son terrestres, semiacuáticas y acuáticas, de colores opacos y oscuros, cuerpo cilíndrico terminado en un espiráculo con tentáculos cortos. Su tamaño varía de 3 a 50 mm, su cabeza es totalmente invisible por ser completamente retráctil al tórax. Se los puede encontrar en las orillas de aguas rápidas o en los remansos con presencia de material vegetal sumergido y materia orgánica en descomposición. Algunas especies se caracterizan por ser predadoras y otras herbívoras. Se caracterizan por presentar una moderada tolerancia a cambios en la concentración de materia orgánica.
FAMILIA: Ephydridae		Esta familia de larvas, se caracterizan por poseer órganos respiratorios bifurcados en la parte posterior al cuerpo. Tienen sectas alrededor de su cuerpo y dependiendo del tipo de especie también pueden tener patas falsas. Se los puede encontrar en todo tipo de ambiente.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN EL RÍO JATUNHUAYCO.		
FAMILIA: Muscidae		En esta familia los adultos son terrestres; su tamaño varía de 3 a 10 mm. Se encuentran asociados a materia orgánica en descomposición. Sus larvas pueden ser terrestres, semiacuáticas y acuáticas, con colores entre blanco a ocre oscuro; su forma es cilíndrica y alargada, con una leve depresión que varía de 6 a 14 mm. Por lo general habitan en zonas de remanso asociados a materia orgánica en descomposición. Algunas son predadoras y otras carroñeras (consumo animales muertos o en descomposición). Son indicadores de agua contaminada.

FUENTE: López, 2016; Roldán, 2001; Soria, 2016.

ANEXO N° 4

CATEGORIZACIÓN TAXONÓMICA CONTEMPLADA PARA CADA CAMPAÑA, POR CADA PUNTO DE MUESTREO.

ANEXO 4.1. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO A.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
	Trichoptera	Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.2. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO B.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
	Trichoptera	Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Ephydridae	*Andesiops*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.3. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO C.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
	Trichoptera	Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydropsychidae	*Smicridea*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.4. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 1, PUNTO D.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
	Trichoptera	Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.5. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO A.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.6. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO B.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
			Hemerodromia	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.7. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO C.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Leptoceridae	*Oecetis*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 4.8. CLASE, ORDEN, FAMILIA Y GÉNERO – CAMPAÑA 2, PUNTO D.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	*Andesiops*	*Peruvianus*
	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	*Leleupi*
		Scirtidae	*Prionocyphon*	*sp.*
		Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	*sp.*
	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	*sp.*
		Hydroptilidae	*Metrichia*	*sp.*
		Limnephilidae	*Anomalocosmoecus*	*Illiesi*
		Glossosomatidae	*Mortionella*	*sp.*

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	SP
	Diptera	Chironomidae	*Chirinomus*	*sp.*
		Simuliidae	*Simullium*	*sp.*
		Muscidae	*Limnophora*	*sp.*
		Tipulidae	*Molophilus*	*sp.*
		Empididae	*Chelifera*	*sp.*
Melacostraca	Amohipoda	Hyallellidae	*Hylella*	*Inermis*
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	*Dugesia*	*Tigrina*
Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	*Haplotaxida*	*sp.*
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Glossiphonia*	*sp.*
Nematoda	Gordioidea	Gordiidae	*Nematoda*	*sp.*
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Psidium*	*sp.*

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 5

RIQUEZA ESPECÍFICA, CONTEMPLADA POR CADA PUNTO DE MUESTREO PARA CADA CAMPAÑA Y LAS DOS CAMPAÑAS.

ANEXO 5.1. RIQUEZA TAXONÓMICA CONTEMPLADA POR CADA PUNTO DE MUESTREO PARA CADA CAMPAÑA Y LAS DOS CAMPAÑAS.

SITIO DE INTERVENCIÓN	# CLASES	# ORDENES	# FAMILIAS	# GÉNEROS	# ESPECIES IDENTIFICADAS
CAMPAÑA 1					
Punto A	5	8	14	14	5
Punto B	6	9	16	16	5
Punto C	5	8	17	17	5
Punto D	6	9	17	17	5
CAMPAÑA 2					
Punto A	7	10	17	17	5
Punto B	5	8	15	15	5
Punto C	6	9	19	19	5
Punto D	7	10	19	19	5

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 6

ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA, CONTEMPLADA PARA CADA CAMPAÑA POR CADA PUNTO DE MUESTREO

ANEXO 6.1. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO A.

FAMILIA	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	0,38%
Elmidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0,26%
Scirtidae	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0,26%
Leptoceridae	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	0,38%
Limnephilidae	0	0	0	2	0	5	0	0	2	9	1,15%
Glossosomatidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13%
Chironomidae	109	139	94	51	18	9	8	22	26	476	60,95%
Simuliidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13%
Tipulidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13%
Empididae	0	0	3	0	0	0	0	1	0	4	0,51%
Hyallellidae	80	70	10	35	10	3	6	3	30	247	31,63%
Planariidae	0	0	4	0	0	0	0	1	0	5	0,64%
Haplotaxidae	0	0	0	0	0	4	13	6	1	24	3,07%
Glossiphoniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,38%
Ab_i	189	213	112	90	28	21	29	35	64	**781**	**100%**
%Ab_i	24,20%	27,27%	14,34%	11,52%	3,59%	2,69%	3,71%	4,48%	8,19%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.2. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO B

FAMILIA	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	0	0	0	0	4	0	1	0	5	0,41%
Elmidae	0	0	0	1	1	2	0	0	0	4	0,33%
Scirtidae	0	0	0	1	1	1	1	0	0	4	0,33%
Leptoceridae	4	2	1	1	0	0	0	0	0	8	0,66%
Limnephilidae	0	2	8	4	3	7	0	6	1	31	2,55%
Glossosomatidae	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0,25%
Chironomidae	204	49	40	142	31	225	50	39	10	790	64,91%
Ephydridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,08%
Simuliidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,08%
Tipulidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,08%
Empididae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,08%
Hyallellidae	41	32	18	74	37	70	10	10	20	312	25,64%
Planariidae	9	1	4	1	3	0	0	0	1	19	1,56%
Haplotaxidae	8	1	0	0	2	3	1	3	5	23	1,89%
Glossiphoniidae	3	2	1	1	1	0	2	0	1	11	0,90%
Sphaeriidae	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0,25%
Ab_i	271	91	74	226	80	314	64	59	38	**1.217**	**100%**
%Ab_i	22,27%	7,48%	6,08%	18,57%	6,57%	25,80%	5,26%	4,85%	3,12%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.3. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO C

FAMILIA	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	2	0	0	0	1	5	0	0	0	8	0,49%
Elmidae	54	14	4	8	4	11	5	3	3	106	6,44%
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,06%
Leptoceridae	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,12%
Hydroptilidae	3	1	2	1	0	0	0	1	0	8	0,49%
Hydrobiosidae	3	2	1	2	1	3	2	3	0	17	1,03%
Hydropsychidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,12%
Limnephilidae	31	54	9	34	6	21	11	15	13	194	11,79%
Glossosomatidae	6	7	13	92	41	43	42	50	43	337	20,47%
Chironomidae	65	59	25	44	97	63	30	138	109	630	38,27%
Simuliidae	4	0	0	1	0	0	0	1	0	6	0,36%
Tipulidae	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0,18%
Empididae	2	1	0	0	0	4	0	3	0	10	0,61%
Hyallellidae	30	28	15	4	40	51	13	3	3	187	11,36%
Planariidae	39	13	13	12	11	17	3	9	10	127	7,72%
Haplotaxidae	0	0	0	0	3	0	0	0	2	5	0,30%
Glossiphoniidae	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0,18%
Ab_i	243	180	83	199	207	218	106	227	183	**1.646**	**100%**
%Ab_i	14,76%	10,94%	5,04%	12,09%	12,58%	13,24%	6,44%	13,79%	11,12%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.4. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 1, PUNTO D

FAMILIA	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	3	2	2	0	0	0	1	0	1	9	0,82%
Elmidae	8	17	2	1	3	0	17	4	9	61	5,57%
Scirtidae	1	0	0	0	0	1	2	0	1	5	0,46%
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0,27%
Hydroptilidae	0	10	1	0	0	5	0	1	0	17	1,55%
Hydrobiosidae	3	2	1	0	1	0	2	1	2	12	1,10%
Limnephilidae	1	2	1	0	23	51	22	12	14	126	11,51%
Glossosomatidae	0	1	5	0	75	7	6	14	22	130	11,87%
Chironomidae	38	50	14	18	45	6	24	55	110	360	32,88%
Simuliidae	0	0	0	0	6	0	1	2	2	11	1,00%
Tipulidae	0	0	1	0	0	0	0	2	1	4	0,37%
Empididae	1	3	1	0	1	2	2	0	0	10	0,91%
Hyallellidae	66	26	13	75	20	3	4	6	13	226	20,64%
Planariidae	8	10	4	1	7	20	20	6	15	91	8,31%
Haplotaxidae	2	4	0	2	0	0	10	2	4	24	2,19%
Sphaeriidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,09%
Gordiidae	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0,46%
Ab_i	131	127	45	98	181	95	116	108	194	**1095**	**100%**
%Ab_i	11,96%	11,60%	4,11%	8,95%	16,53%	8,68%	10,59%	9,86%	17,72%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.5. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO A

FAMILIA	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	0	2	0	0	3	2	0	3	10	0,33%
Elmidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,03%
Scirtidae	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,10%
Ptilodactylidae	0	0	2	1	0	0	1	0	5	9	0,30%
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,03%
Limnephilidae	2	19	20	28	5	9	15	2	3	103	3,44%
Glossosomatidae	0	10	0	9	10	2	1	2	0	34	1,13%
Chironomidae	239	26	543	72	130	131	93	15	352	1601	53,42%
Simuliidae	1	0	1	0	0	0	1	0	1	4	0,13%
Muscidae	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0,07%
Empididae	1	3	2	0	2	0	4	1	0	13	0,43%
Hyallellidae	188	11	183	66	132	152	12	1	182	927	30,93%
Planariidae	2	5	0	7	5	2	4	2	8	35	1,17%
Sphaeriidae	1	0	0	2	0	0	1	0	2	6	0,20%
Gordiidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,03%
Haplotaxidae	5	0	25	174	22	1	4	1	0	232	7,74%
Glossiphoniidae	1	0	1	6	3	2	1	0	1	15	0,50%
Ab_i	440	74	780	365	309	307	141	24	557	**2.997**	**100%**
%Ab_i	14,68%	2,47%	26,03%	12,18%	10,31%	10,24%	4,70%	0,80%	18,59%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.6. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO B

FAMILIA	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	12	2	1	10	4	1	0	0	30	1,44%
Elmidae	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0,10%
Scirtidae	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0,10%
Ptilodactylidae	1	0	0	0	2	0	0	1	0	4	0,19%
Hydrobiosidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05%
Leptoceridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05%
Limnephilidae	3	22	4	5	3	12	6	1	3	59	2,84%
Glossosomatidae	11	8	0	0	3	2	2	0	0	26	1,25%
Chironomidae	83	272	43	25	171	126	23	129	0	872	41,96%
Simuliidae	9	23	0	0	4	7	0	2	0	45	2,17%
Empididae	2	1	1	0	0	0	0	1	0	5	0,24%
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05%
Hyallellidae	33	221	53	8	344	70	17	91	66	903	43,46%
Planariidae	2	15	2	3	5	13	3	1	1	45	2,17%
Haplotaxidae	3	19	32	3	4	2	0	7	0	70	3,37%
Glossiphoniidae	0	3	3	0	1	3	1	1	0	12	0,58%
Ab_i	148	599	140	46	547	241	53	234	70	**2.078**	**100%**
%Ab_i	7,12%	28,83%	6,74%	2,21%	26,32%	11,60%	2,55%	11,26%	3,37%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.7. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO C

FAMILIA	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0,10%
Elmidae	4	9	4	3	0	2	3	7	0	32	1,10%
Scirtidae	1	3	0	0	1	0	0	0	0	5	0,17%
Ptilodactylidae	77	112	58	0	2	11	47	87	2	396	13,56%
Hydrobiosidae	6	10	7	2	2	4	9	18	1	59	2,02%
Hydroptilidae	26	88	31	0	0	0	64	103	2	314	10,75%
Leptoceridae	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,21%
Limnephilidae	58	67	98	5	25	29	24	74	13	393	13,45%
Glossosomatidae	129	6	4	5	21	49	0	15	0	229	7,84%
Chironomidae	78	219	40	29	109	108	192	250	117	1142	39,10%
Simuliidae	19	4	0	1	0	0	1	2	0	27	0,92%
Muscidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,03%
Tipulidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,03%
Empididae	3	12	3	0	1	6	11	21	0	57	1,95%
Hyallellidae	17	22	2	1	8	0	39	25	5	119	4,07%
Planariidae	43	12	22	3	5	4	17	12	10	128	4,38%
Haplotaxidae	0	0	0	0	3	0	0	0	2	5	0,17%
Glossiphoniidae	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,07%
Gordiidae	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,07%
Ab_i	470	564	270	49	178	213	407	616	154	**2.921**	**100%**
%Ab_i	16,09%	19,31%	9,24%	1,68%	6,09%	7,29%	13,93%	21,09%	5,27%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 6.8. ABUNDANCIA Y PORCENTAJE DE ABUNDANCIA – CAMPAÑA 2, PUNTO D

FAMILIA	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	Ab_T	% Ab_T
Baetidae	0	1	1	0	3	4	0	0	0	9	0,48%
Elmidae	1	1	1	1	0	5	2	0	1	12	0,64%
Scirtidae	0	0	0	0	0	1	4	1	7	13	0,69%
Ptilodactylidae	6	31	13	2	2	66	35	3	16	174	9,28%
Hydrobiosidae	3	10	1	0	1	18	2	0	0	35	1,87%
Hydroptilidae	2	4	3	0	0	30	2	0	0	41	2,19%
Limnephilidae	6	29	9	6	11	215	10	3	16	305	16,28%
Glossosomatidae	2	13	3	2	2	25	2	1	0	50	2,67%
Chironomidae	23	60	59	32	67	296	109	83	146	875	46,69%
Simuliidae	0	1	0	0	0	2	1	0	0	4	0,21%
Muscidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,05%
Tipulidae	0	0	4	0	0	0	1	0	1	6	0,32%
Empididae	0	4	3	0	1	16	7	1	15	47	2,51%
Hyallellidae	9	13	60	0	8	16	14	1	8	129	6,88%
Planariidae	11	13	9	2	1	38	5	4	14	97	5,18%
Haplotaxidae	1	6	6	3	0	12	11	0	28	67	3,58%
Glossiphoniidae	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0,16%
Gordiidae	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0,11%
Sphaeriidae	1	1	2	0	0	0	0	0	0	4	0,21%
Ab_i	66	187	177	48	96	746	205	97	252	**1.874**	**100%**
%Ab_i	3,52%	9,98%	9,45%	2,56%	5,12%	39,81%	10,94%	5,18%	13,45%	**100%**	

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 7

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS FAMILIAS PREDOMINANTES PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.

ANEXO 7.1. FAMILIAS MÁS ABUNDANTES CAMPAÑA 1

		PUNTO A		PUNTO B		PUNTO C		PUNTO D	
N°	**FAMILIA**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**
1	Baetidae	3	-	5	-	8	-	9	-
2	Elmidae	2	-	4	-	106	X	61	-
3	Scirtidae	2	-	4	-	1	-	5	-
4	Leptoceridae	3	-	8	-	2	-	3	-
5	Limnephilidae	9	-	31	-	194	X	126	X
6	Hydroptilidae	-	-	-	-	8	-	17	-
7	Hydrobiosidae	-	-	-	-	17	-	12	-
8	Hydropsychidae	-	-	-	-	2	-	-	-
9	Glossosomatidae	1	-	3	-	337	X	130	X
10	Chironomidae	476	X	790	X	630	X	360	X
11	Ephydridae	-	-	1	-	-	-	-	-
12	Simuliidae	1	-	1	-	6	-	11	-
13	Tipulidae	1	-	1	-	3	-	4	-
14	Empididae	4	-	1	-	10	-	10	-
15	Hyallellidae	247	X	312	X	187	X	226	X
16	Planariidae	5	-	19	-	127	X	91	X
17	Haplotaxidae	24	-	23	-	5	-	24	-
18	Glossiphoniidae	3	-	11	-	3	-	-	-
19	Sphaeriidae	-	-	3	-	-	-	1	-
20	Gordiidae	-	-	-	-	-	-	5	-
	$\sum Ab_T$	**781**		**1217**		**1646**		**1095**	
	$\overline{Ab_T}$	**56**		**76**		**97**		**64**	

Donde:

X: Familia más abundante

-: Familia con poca abundancia (descartada)

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 7.2. FAMILIAS MÁS ABUNDANTES CAMPAÑA 2

		PUNTO A		PUNTO B		PUNTO C		PUNTO D	
N°	**FAMILIA**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**	**Ab_T**	**> Ab_T**
1	Baetidae	10	-	30	-	3	-	9	-
2	Elmidae	1	-	2	-	32	-	12	-
3	Scirtidae	3	-	2	-	5	-	13	-
4	Ptilodactylidae	9	-	4	-	396	X	174	X
5	Leptoceridae	-	-	1	-	6	-	-	-
6	Limnephilidae	103	-	59	-	393	X	305	X
7	Hydroptilidae	1	-	-	-	314	X	41	-
8	Hydrobiosidae	-	-	1	-	59	-	35	-
9	Hydropsychidae	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Glossosomatidae	34	-	26	-	229	X	50	-
11	Chironomidae	1601	X	872	X	1142	X	875	X
12	Ephydridae	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Muscidae	2	-	-	-	1	-	1	-
14	Simuliidae	4	-	45	-	27	-	4	-
15	Tipulidae	-	-	-	-	1	-	6	-
16	Empididae	13	-	6	-	57	-	47	-
17	Hyallellidae	927	X	903	X	119	-	129	X
18	Planariidae	35	-	45	-	128	-	97	-
19	Haplotaxidae	232	X	70	-	5	-	67	-
20	Glossiphoniidae	15	-	12	-	2	-	3	-
21	Sphaeriidae	6	-	-	-	-	-	4	-
22	Gordiidae	1	-	-	-	2	-	2	-
	$\sum Ab_T$	**2.997**		**2.078**		**2.921**		**1.874**	
	$\overline{Ab_T}$	**176**		**139**		**154**		**99**	

Donde:

X: Familia más abundante

-: Familia con poca abundancia (descartada)

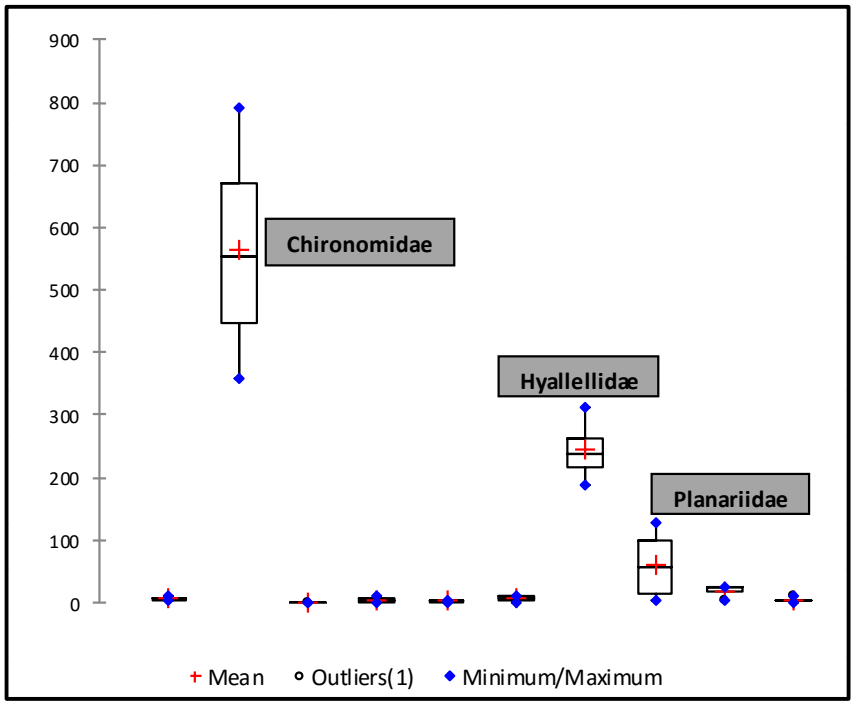
FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

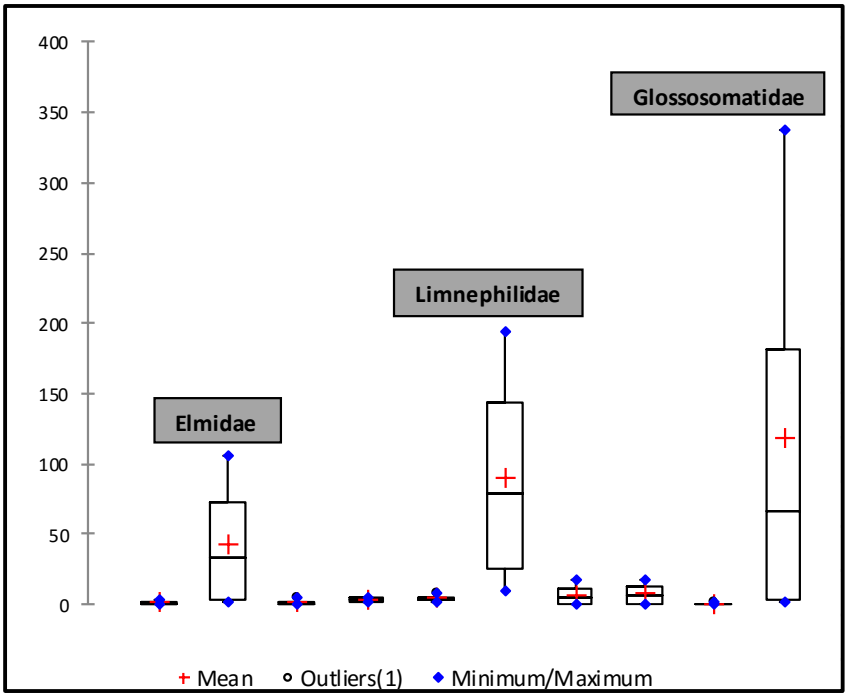
ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 8

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FAMILIAS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.

ANEXO 8.1. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA CAMPAÑA 1.

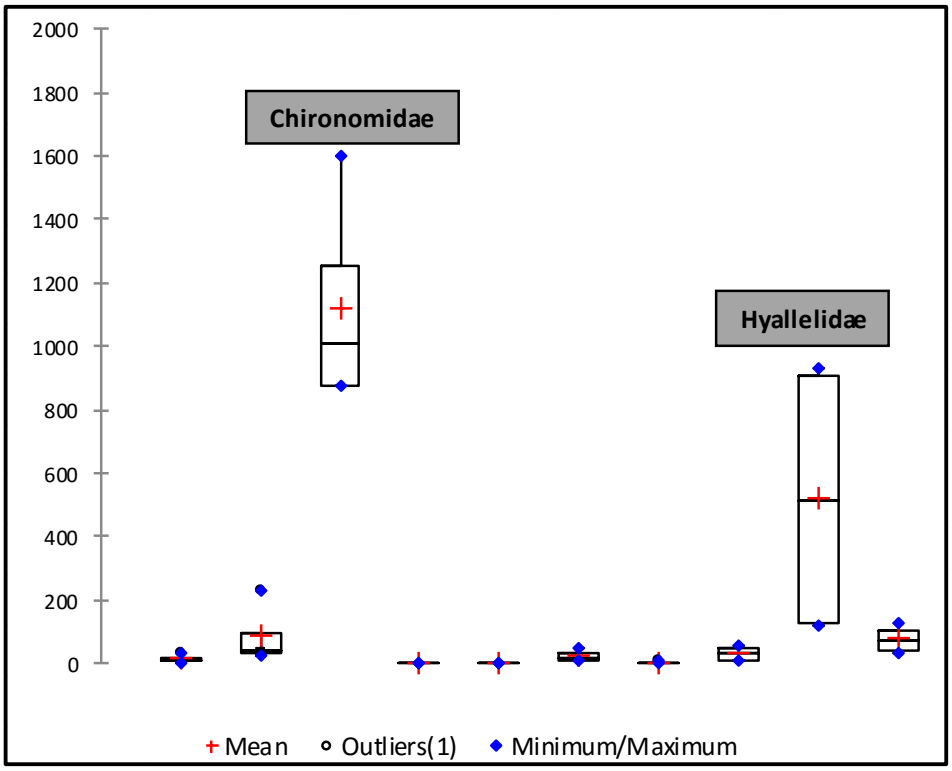


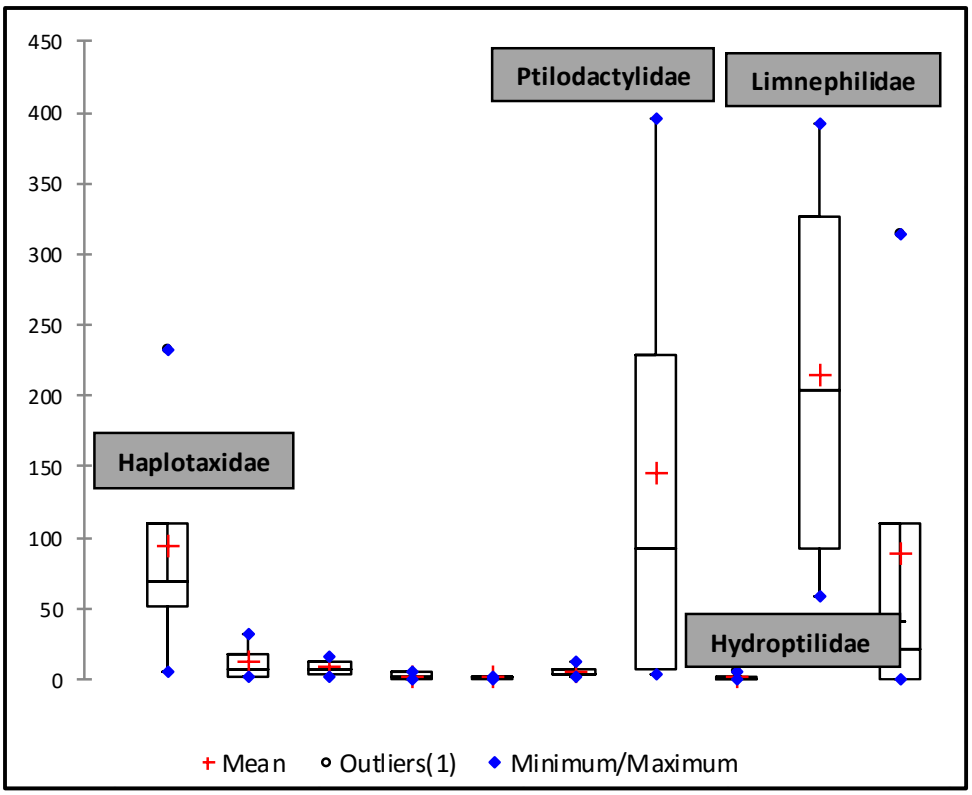


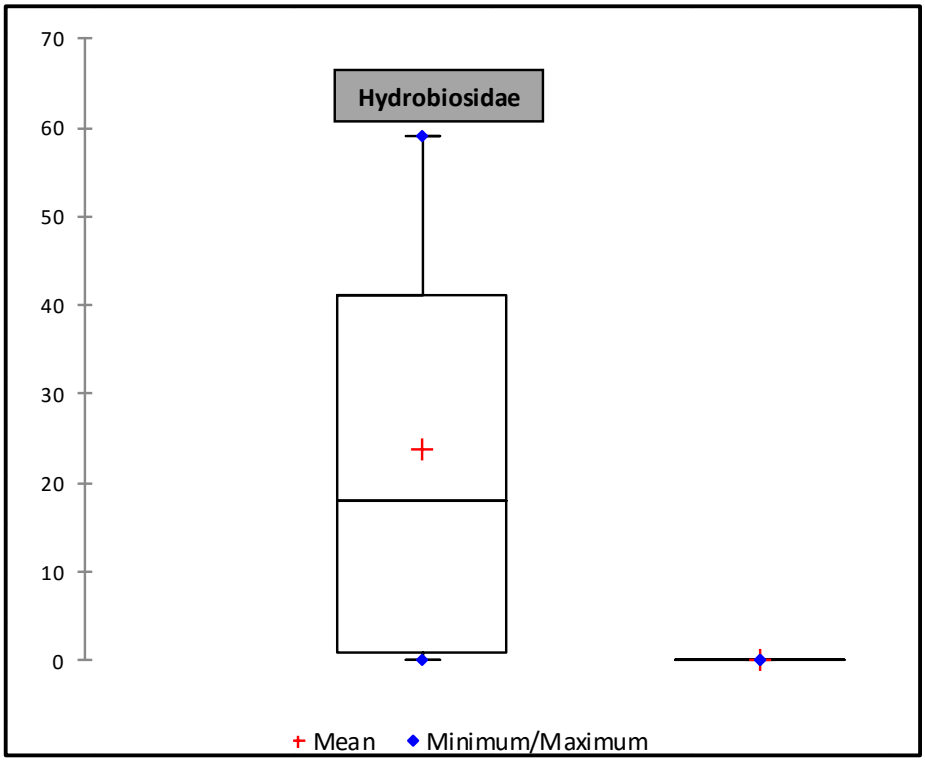
FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 8.2. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE ABUNDANCIA CAMPAÑA 2.







FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 9

ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA CADA PUNTO DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA

ANEXO 9.1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 1

ÍNDICE DE DIVERSIDAD	ID_1	ID_2	ID_3	ID_4	ID_5	ID_6	ID_7	ID_8	ID_9	ID_T
	PUNTO A - CAMPAÑA 1									
D_e	233,33	262,96	138,27	111,11	34,57	25,93	35,80	43,21	79,01	964,20
H	0,68	0,74	0,62	0,87	0,65	1,30	1,23	1,21	1,17	1,00
D	0,51	0,53	0,71	0,47	0,52	0,26	0,30	0,42	0,38	0,47
I	2,48	2,42	2,76	2,89	3,90	4,27	3,86	3,66	3,13	1,95
	PUNTO B - CAMPAÑA 1									
D_e	334,57	112,35	91,36	279,01	98,77	387,65	79,01	72,84	46,91	1502,47
H	0,86	1,15	1,31	0,87	1,28	0,85	0,72	1,03	1,24	1,05
D	0,59	0,41	0,36	0,50	0,36	0,56	0,63	0,47	0,35	0,49
I	2,68	3,33	2,77	3,42	2,61	3,61	3,68	4,12	2,11	2,11
	PUNTO C- CAMPAÑA 1									
D_e	300,00	222,22	102,47	245,68	255,56	269,14	130,86	280,25	225,93	2032,10
H	1,93	1,67	1,83	1,50	1,49	1,59	1,54	1,16	1,18	1,78
D	0,18	0,23	0,18	0,29	0,30	0,19	0,26	0,42	0,42	0,23
I	2,91	3,08	3,62	3,02	3,00	2,97	3,43	2,95	3,07	2,16
	PUNTO D - CAMPAÑA 1									
D_e	161,73	156,79	55,56	120,99	223,46	117,28	143,21	133,33	239,51	1351,85
H	1,39	1,79	1,88	0,74	1,58	1,42	2,13	1,70	1,54	1,98
D	0,34	0,22	0,19	0,62	0,26	0,34	0,14	0,29	0,35	0,19
I	3,28	3,30	4,20	3,49	3,08	3,51	3,37	3,42	3,04	2,29

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 9.2. ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 2

	PUNTO A - CAMPAÑA 2									
	ID_1	ID_2	ID_3	ID_4	ID_5	ID_6	ID_7	ID_8	ID_9	ID_T
D_e	543,21	91,36	962,96	450,62	381,48	379,01	174,07	29,63	687,65	3700,00
H	0,85	1,58	0,87	1,46	1,24	1,06	1,33	1,31	0,86	1,24
I	2,63	3,72	2,40	2,71	2,79	2,79	3,23	5,03	2,53	2,00
D	0,48	0,23	0,54	0,30	0,36	0,43	0,45	0,39	0,51	0,39
	PUNTO B - CAMPAÑA 2									
D_e	182,72	738,27	172,84	56,79	675,31	297,53	65,43	288,89	86,42	2564,20
H	1,36	1,37	1,41	1,40	0,93	1,36	1,41	0,96	0,25	1,30
I	2,80	2,19	2,83	3,66	2,22	2,55	3,53	2,57	3,30	1,83
D	0,37	0,35	0,29	0,33	0,49	0,36	0,30	0,45	0,89	0,37
	PUNTO C- CAMPAÑA 2									
D_e	580,25	696,30	333,33	60,49	219,75	262,96	502,47	760,49	190,12	3606,17
H	2,07	1,77	1,76	1,41	1,32	1,40	1,65	1,80	0,97	1,92
I	2,93	2,84	3,22	4,63	3,47	3,36	3,00	2,80	3,57	2,26
D	0,16	0,23	0,22	0,37	0,41	0,33	0,27	0,23	0,59	0,21
	PUNTO D - CAMPAÑA 2									
D_e	81,48	230,86	218,52	59,26	118,52	920,99	253,09	119,75	311,11	2313,58
H	1,98	2,05	1,84	1,18	1,12	1,76	1,64	0,67	1,49	1,83
I	4,30	3,44	3,48	4,65	3,94	2,72	3,38	3,93	3,26	2,39
D	0,18	0,17	0,24	0,46	0,50	0,25	0,32	0,73	0,36	0,26

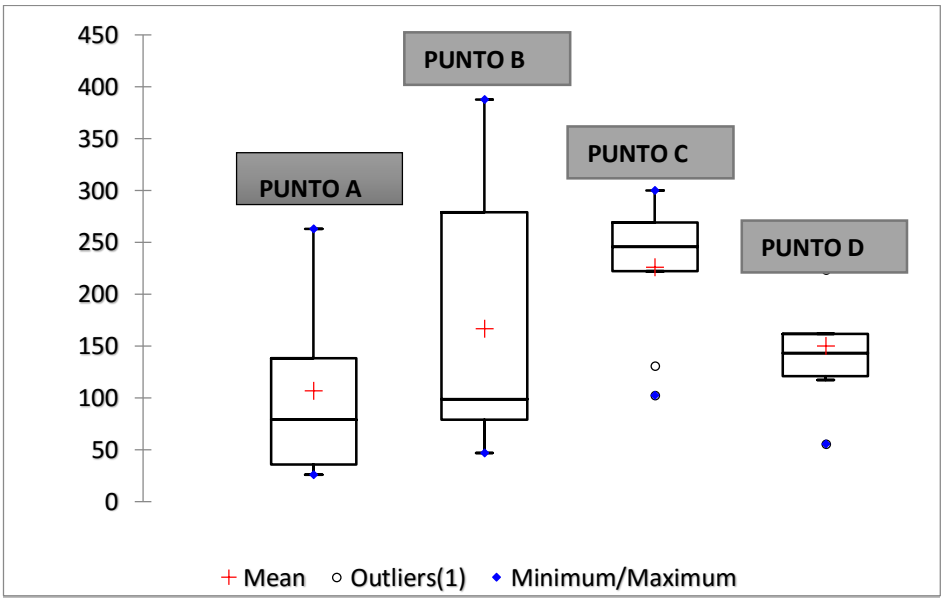
FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 10

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE DATOS DE LAS DENSIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA

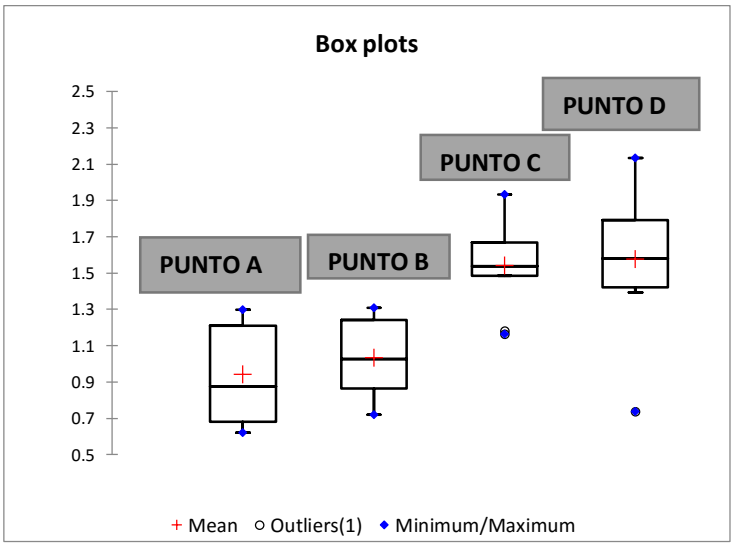
ANEXO 10.1. BLOXPLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 1



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

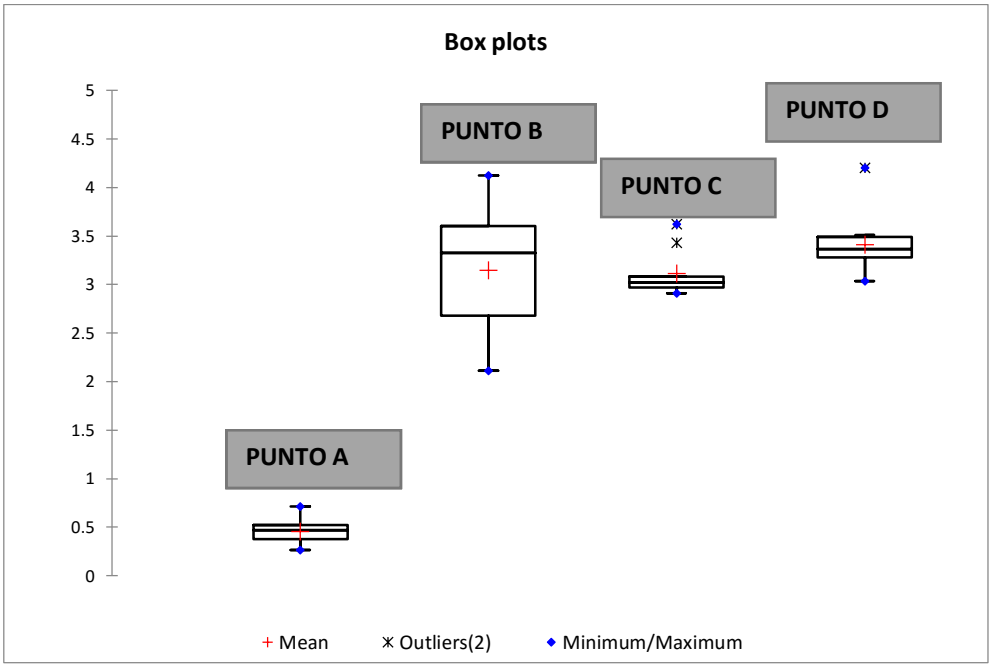
ANEXO 10.2. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

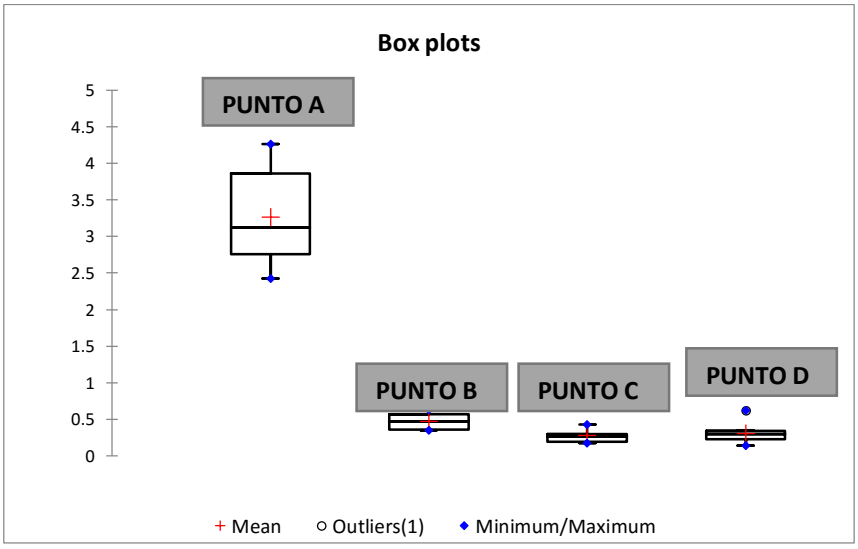
ANEXO 10.3. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON, CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

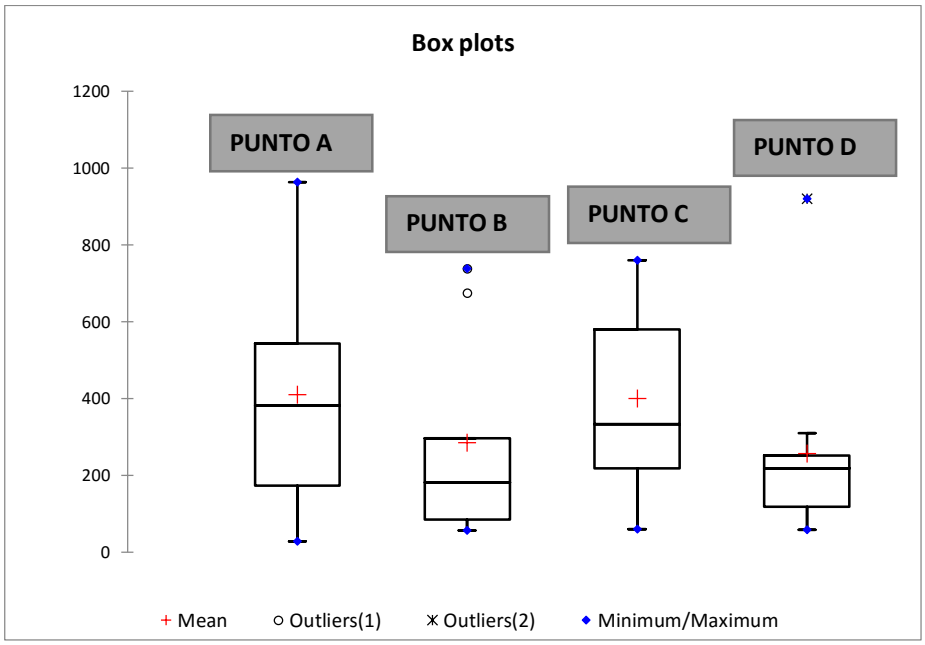
ANEXO 10.4. BLOXPLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

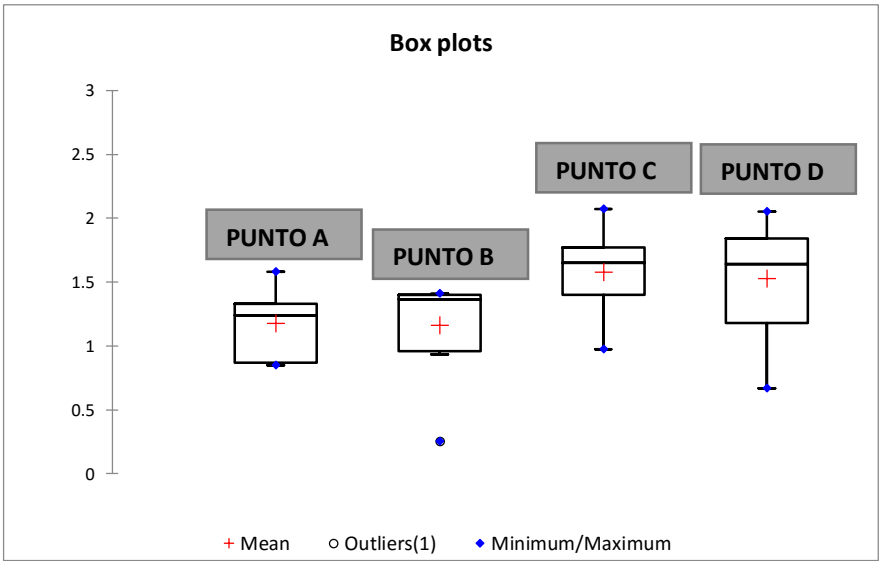
ANEXO 10.5. BLOXPLOTS DENSIDAD DE ESPECIES, CAMPAÑA 2



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

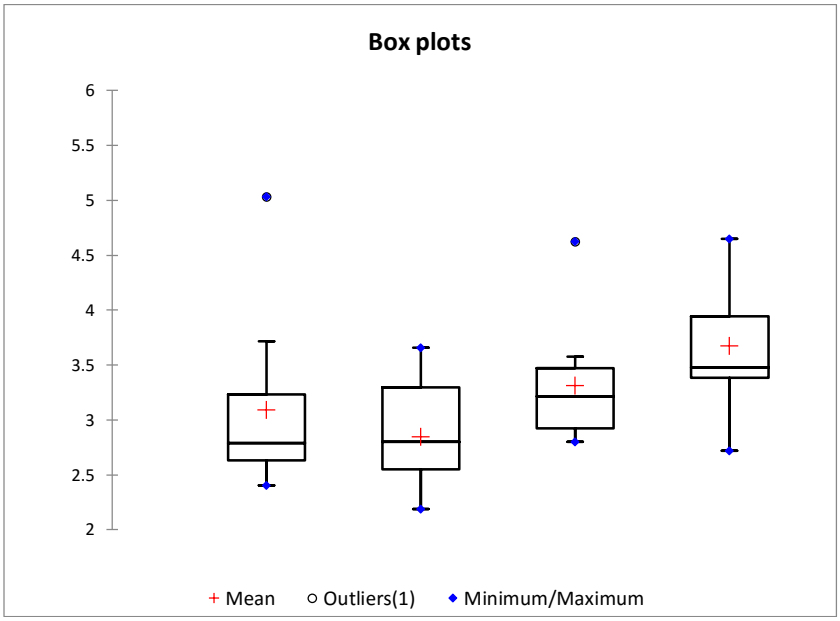
ANEXO 10.6. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES O DE SHANNON, CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

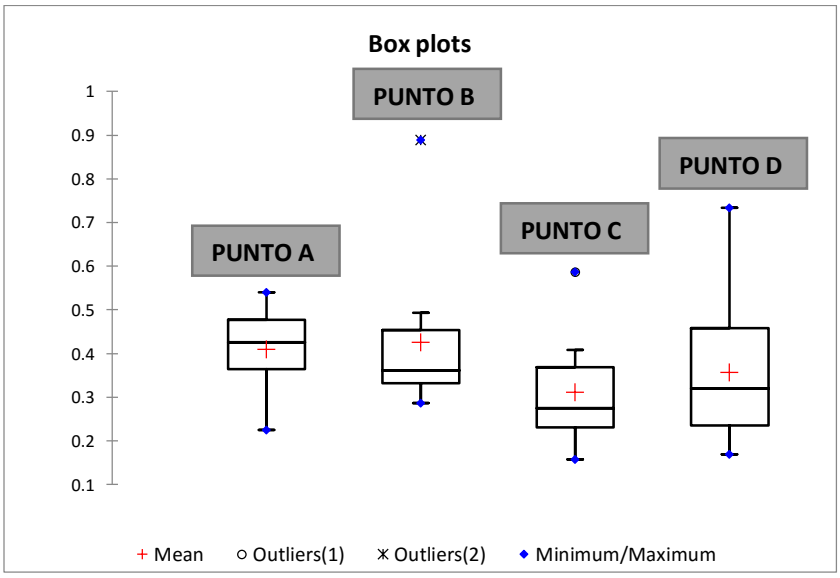
ANEXO 10.7. BLOXPLOTS ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON, CAMPAÑA 2.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 10.8. BLOXPLOTS ÍNDICE DE RIQUEZA DE MARGALEF, CAMPAÑA 2.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 11

PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS PARA LOS PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.

ANEXO 11.1. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO A – CAMPAÑA 1.

PARÁMETRO	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	202	202,9	198,9	202,6	190,4	205,8	202,8	194,9	203,6	**205,8**
DBO (mg/l)	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	**4,1**
Coliformes T (NMP/100ml)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	**240**
DO (mg/l)	11,29	11,52	11,67	10,27	10,24	10,22	10,8	10,94	10,96	**11,67**
Solidos Suspendidos (mg/l)	18	20	20	26	28	14	22	24	28	**28**
DO Sat (% sat)	75,7	75,9	76,4	66,2	66,9	66,2	62,1	70,2	69,6	**76.4**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.2. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO B – CAMPAÑA 1.

PARÁMETRO	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	213,4	214,3	214,9	214,6	214,6	214,1	214,4	216,3	213	**216,3**
DBO (mg/l)	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	**1,21**
Coliformes T (NMP/100ml)	460	460	460	460	460	460	460	460	460	**460**
DO (mg/l)	10,38	10,48	10,51	10,78	10,75	10,41	10,24	10,75	11,04	**11,04**
Solidos Suspendidos (mg/l)	10	24	24	24	16	16	16	14	18	**24**
DO Sat (% sat)	68,1	67,8	68,3	69,3	68,4	68,7	70,3	70,9	70,6	**70,9**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.3. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO C – CAMPAÑA 1.

PARÁMETRO	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	220,3	220.3	219,7	217,2	217,9	217,2	217,3	218.5	218	**220,3**
DBO (mg/l)	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	**1,31**
Coliformes T (NMP/100ml)	460	460	460	460	460	460	460	460	460	**460**
DO (mg/l)	9,52	9,26	9,45	9,59	9,44	9,29	9,2	9,29	9,51	**9,59**
Solidos Suspendidos (mg/l)	4	2	8	2	6	2	4	4	8	**8**
DO Sat (% sat)	60,2	59,4	59,9	63,8	63,1	61,7	61,9	61,4	61,9	**63,8**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.4. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO D – CAMPAÑA 1.

PARÁMETRO	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	221,3	213,2	220,8	221,5	221,5	222,3	221,7	222,5	222,5	**222,5**
DBO (mg/l)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	**0,6**
Coliformes T (NMP/100ml)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	**240**
DO (mg/l)	9,24	9,06	9,37	8,96	9,13	9,23	9,09	8,95	9,09	**9,37**
Solidos Suspendidos (mg/l)	6	12	14	28	12	12	20	8	14	**28**
DO Sat (% sat)	58	56,1	59,6	55,9	57,9	57,8	56,3	56,3	59,7	**59,7**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.5. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO A – CAMPAÑA 2.

PARÁMETRO	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	245,9	245,7	245,9	243,1	244,7	245,3	243,11	243,3	243,5	**245,9**
DBO (mg/l)	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	**4,1**
DO (mg/l)	8,57	9,7	9,66	10,57	10,46	10,55	10,35	10,86	11	**11**
Sólidos Suspendidos (mg/l)	62	48	50	66	54	66	70	82	98	**98**
DO Sat (% sat)	55,7	67,1	65,4	72,3	71,9	70,8	73,7	74	73,1	**74**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.6. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO B – CAMPAÑA 2.

PARÁMETRO	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	256,3	256,2	255,4	246,5	246	254,5	253,8	254,4	214,1	**256,3**
DBO (mg/l)	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	**11,8**
DO (mg/l)	9,16	9,11	9,16	9,5	9,3	9,44	9,93	9,24	9,48	**9,93**
Sólidos Suspendidos (mg/l)	32	28	40	32	28	30	28	30	42	**42**
DO Sat (% sat)	59,8	58,2	59,4	61,1	60	61	65,4	61,2	63,3	**65,4**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.7. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO C – CAMPAÑA 2.

PARÁMETRO	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	258,3	257,9	257	255,7	177,2	256,5	246,3	255,8	252,2	**258,3**
DBO (mg/l)	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	**8,34**
DO (mg/l)	9,67	10,1	9,98	9,83	9,31	9,82	10,07	9,92	9,08	**10,1**
Solidos Suspendidos (mg/l)	18	16	16	16	22	20	8	6	26	**26**
DO Sat (% sat)	64,3	63,6	64,6	64,9	64,9	65,8	66,2	66,8	65,3	**66,8**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 11.8. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS, PUNTO D – CAMPAÑA 2.

PARÁMETRO	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	Máx.
Conductividad (us/cm)	256,5	258,5	258,7	255,4	255,1	255,7	256,7	244,4	256,1	**258,7**
DBO (mg/l)	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	**5,1**
DO (mg/l)	9,44	9,67	9,84	9,36	9,28	9,35	9,18	9,47	9,36	**9,84**
Solidos Suspendidos (mg/l)	26	18	20	22	22	14	12	24	18	**26**
DO Sat (% sat)	63	62,9	63,4	63,3	63,7	63,6	63,4	63,3	62,8	**63,7**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 12

DATOS HIDRÁULICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.

ANEXO 12.1. VALORES DE VELOCIDADES POR CADA CAMPAÑA REALIZADA (1 Y 2).

	CAMPAÑA 1									
	VELOCIDAD (cm/s)									
PUNTO	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	$\overline{V}$
Punto A	30,49	38,05	53,86	60,91	89,73	43,06	47,96	79,39	51,34	**54,98**
Punto B	33,11	39,86	57,47	68,09	65,82	20,32	10,93	10,5	11,85	**35,33**
Punto C	24,88	13,53	24,9	42,29	32,88	29,31	29,36	50,39	28,99	**30,73**
Punto D	41,88	15,9	46,93	8,46	45,39	20,66	18,85	68,24	11,84	**30,91**
CAMPAÑA 2										
Punto A	29,43	66,76	65,04	74,63	82,78	29,43	60,66	73,37	43,83	**58,44**
Punto B	93,27	83,96	64,70	54,50	57,63	73,83	35,82	14,48	67,06	**60,58**
Punto C	19,32	36,01	76,76	42,31	42,93	55,43	37,71	78,87	14,39	**44,86**
Punto D	34,09	20,41	39,75	36,09	24,04	62,69	44,86	9,77	63,22	**37,21**

FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 12.2. VALORES DE PROFUNDIDADES O CALADOS POR CADA CAMPAÑA REALIZADA (1 Y 2).

	CAMPAÑA 1									
	PROFUNDIDAD O CALADO (cm)									
PUNTO	Y_{n1}	Y_{n2}	Y_{n3}	Y_{n4}	Y_{n5}	Y_{n6}	Y_{n7}	Y_{n8}	Y_{n9}	$\overline{Y_n}$
Punto A	10	25	39	20	31	27	20	18	26	**24**
Punto B	17	37	28	31	39	27	28	27	22	**28**
Punto C	15	11	6	12	5	7	10	10	5	**9**
Punto D	13	13	9	10	23	20	14	6	12	**13**
CAMPAÑA 2										
Punto A	26	35	26	23	26	18	15	26	22	**24**
Punto B	33	40	26	28	39	20	33	15	25	**29**
Punto C	10	9	4	15	8	9	5	9	8	**9**
Punto D	11	9	11	7	28	17	15	27	15	**16**

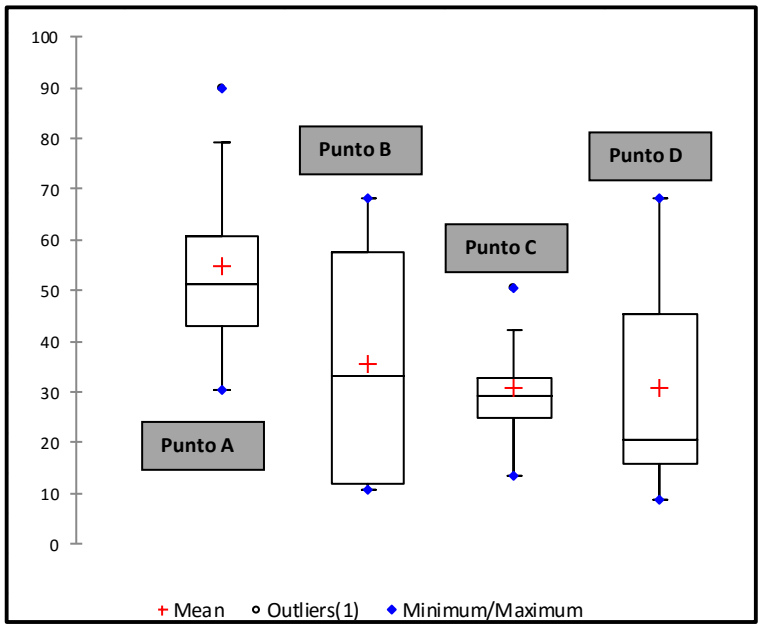
FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 13

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS HIDRÁULICOS PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO, POR CADA CAMPAÑA.

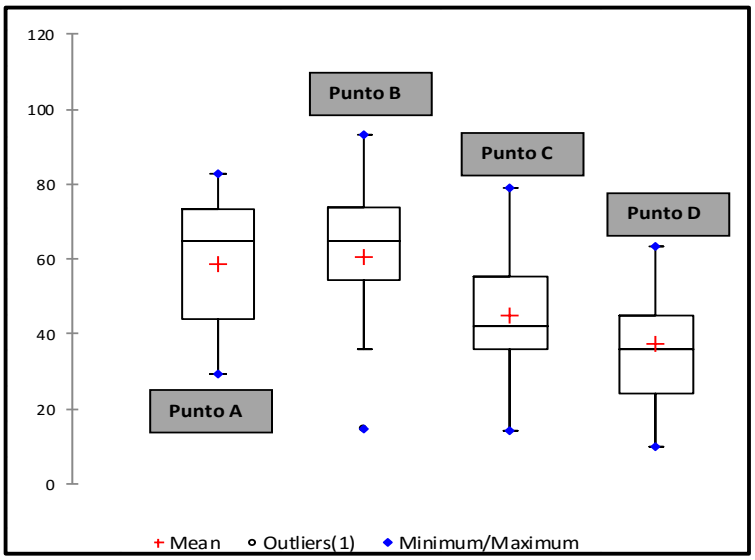
ANEXO 13.1. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE VELOCIDADES CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

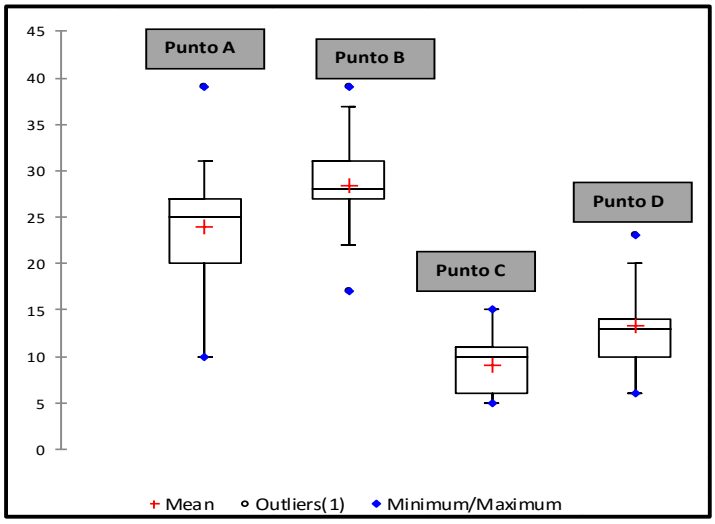
ANEXO 13.2. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE VELOCIDADES CAMPAÑA 2.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

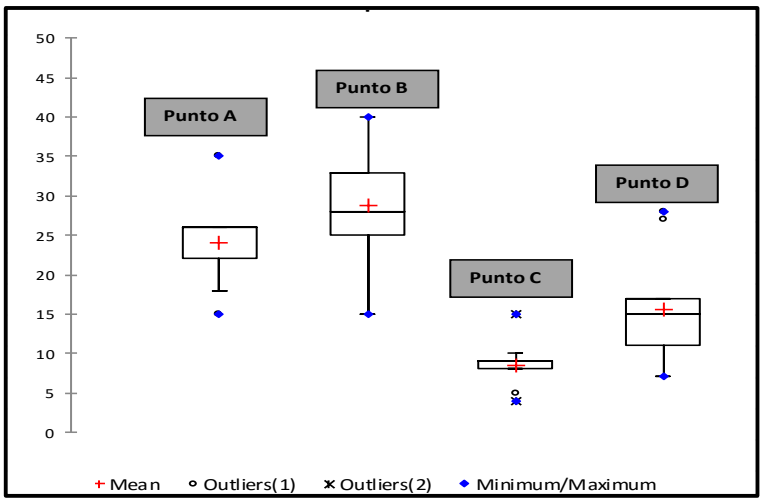
ANEXO 13.3. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE PROFUNDIDADES CAMPAÑA 1.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 13.4. BLOXPLOTS SERIE DE DATOS DE PROFUNDIDADES CAMPAÑA 2.



FUENTE: EPN, 2015; López, 2016; Soria, 2016

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 14

DATOS HIDROLÓGICOS PARA LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO

ANEXO 14.1. DATOS HIDROLÓGICOS PARA LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO

RIO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
JATUNHUAYCO	1979	0,351	0,351	0,362	0,414	0,429	0,351	0,291	0,328	0,283	0,351	0,351	0,351
JATUNHUAYCO	1980	0,263	0,263	0,275	0,303	0,353	0,364	0,329	0,263	0,258	0,275	0,295	0,292
JATUNHUAYCO	1981	0,219	0,242	0,248	0,267	0,258	0,235	0,306	0,29	0,248	0,246	0,27	0,27
JATUNHUAYCO	1982	0,296	0,247	0,236	0,319	0,308	0,28	0,247	0,304	0,291	0,28	0,256	0,525
JATUNHUAYCO	1983	0,3	0,291	0,347	0,454	0,387	0,345	0,351	0,344	0,332	0,337	0,319	0,313
JATUNHUAYCO	1984	0,299	0,349	0,299	0,427	0,369	0,409	0,375	0,336	0,392	0,359	0,379	0,322
JATUNHUAYCO	1985	0,279	0,256	0,276	0,301	0,383	0,383	0,339	0,313	0,429	0,39	0,265	0,263
JATUNHUAYCO	1986	0,252	0,345	0,513	0,444	0,415	0,388	0,33	0,271	0,261	0,303	0,255	0,248
JATUNHUAYCO	1987	0,243	0,403	0,257	0,328	0,384	0,304	0,3	0,297	0,291	0,323	0,315	0,291
JATUNHUAYCO	1988	0,259	0,252	0,251	0,281	0,302	0,377	0,308	0,321	0,303	0,319	0,431	0,354
JATUNHUAYCO	1989	0,369	0,304	0,313	0,261	0,401	0,382	0,408	0,386	0,307	0,321	0,265	0,285
JATUNHUAYCO	1990	0,274	0,271	0,253	0,288	0,38	0,343	0,277	0,287	0,294	0,283	0,29	0,311
JATUNHUAYCO	1991	0,329	0,276	0,308	0,313	0,282	0,287	0,443	0,277	0,233	0,252	0,313	0,339
JATUNHUAYCO	1992	0,273	0,253	0,28	0,323	0,246	0,293	0,257	0,296	0,277	0,263	0,257	0,221
JATUNHUAYCO	1993	0,287	0,305	0,276	0,319	0,36	0,327	0,28	0,254	0,255	0,284	0,278	0,279
JATUNHUAYCO	1994	0,261	0,264	0,252	0,437	0,361	0,456	0,336	0,266	0,336	0,33	0,336	0,396
JATUNHUAYCO	1995	0,292	0,291	0,27	0,255	0,329	0,334	0,291	0,291	0,291	0,291	0,264	0,291
JATUNHUAYCO	1996	0,262	0,311	0,311	0,256	0,366	0,311	0,405	0,311	0,283	0,311	0,311	0,293
JATUNHUAYCO	1997	0,333	0,333	0,296	0,501	0,333	0,333	0,359	0,333	0,246	0,281	0,314	0,333
JATUNHUAYCO	1998	0,278	0,341	0,341	0,341	0,347	0,341	0,331	0,488	0,331	0,35	0,341	0,263
JATUNHUAYCO	1999	0,309	0,497	0,229	0,358	0,524	0,409	0,487	0,485	0,368	0,409	0,409	0,422
JATUNHUAYCO	2000	0,382	0,36	0,306	0,486	0,841	0,58	0,446	0,595	0,616	0,479	0,399	0,328

RIO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
JATUNHUAYCO	2001	0,368	0,43	0,382	0,353	0,427	0,416	0,414	0,308	0,339	0,34	0,281	0,285
JATUNHUAYCO	2002	0,334	0,311	0,272	0,427	0,34	0,603	0,319	0,326	0,296	0,259	0,333	0,397
JATUNHUAYCO	2003	0,216	0,24	0,264	0,197	0,254	0,232	0,265	0,219	0,203	0,385	0,172	0,234
JATUNHUAYCO	2004	0,306	0,208	0,174	0,203	0,225	0,243	0,211	0,225	0,191	0,184	0,295	0,205
JATUNHUAYCO	2005	0,197	0,167	0,17	0,167	0,228	0,258	0,243	0,219	0,186	0,174	0,206	0,169
JATUNHUAYCO	2006	0,166	0,17	0,203	0,147	0,22	0,407	0,21	0,257	0,2	0,19	0,275	0,291
JATUNHUAYCO	2007	0,215	0,227	0,209	0,247	0,189	0,266	0,284	0,201	0,253	0,203	0,229	0,223
JATUNHUAYCO	2008	0,19	0,257	0,201	0,239	0,343	0,354	0,379	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
JATUNHUAYCO	2009	0,28	0,294	0,279	0,322	0,353	0,354	0,327	0,312	0,296	0,302	0,299	0,302

FUENTE: Yépez, 2016.

ANEXO N° 15

PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS ANDES TROPICALES DISTRIBUIDOS DESDE LOS 2.000 MSNM.

ANEXO 15.1. PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS ANDES TROPICALES DISTRIBUIDOS DESDE LOS 2.000 MSNM.

N°	FAMILIA	ABI
1	Turbellaria	5
2	Hirudinea	3
3	Oligochaeta	1
4	Ancylidae	6
5	Physidae	3
6	Hydrobiidae	3
7	Limnacidae	3
8	Planorbidae	3
9	Sphaeriidae	3
10	Hyallellidae	6
11	Ostracoda	3
12	Hydracarina	4
13	Baetidae	4
14	Leptophlebiidae	10
15	Leptophyphidae	7
16	Oligoneuridae	10
17	Aeshimidae	6
18	Gomphidae	8
19	Libelulidae	6
20	Coezagrionidae	6
21	Calopterygidae	8
22	Polythoridae	10
23	Perlidae	10
24	Gripopterygidae	10
25	Veliidae	5
26	Gemidae	5
27	Corixidae	6
28	Naucoridae	5
29	Helicopsychidae	10
30	Odontoceridae	10
31	Leptoceridae	8
32	Polycentropodidae	8
33	Hydroptilidae	6
34	Hydrobiosidae	8
35	Glossosomatidae	7
36	Hydropsychidae	5
37	Philopotamidae	8
38	Limnephilidae	7
39	Pyralidae	4
40	Ptilodactylidae	5
41	Lampyridae	5
42	Psephenidae	5
43	Scirtidae	5

N°	FAMILIA	ABI
44	Staphylinidae	3
45	Elmidae	5
46	Dryopidae	5
47	Gyrinidae	3
48	Dytiscidae	3
49	Hydroptilidae	3
50	Hydraemidae	5
51	Simuliidae	5
52	Tabanidae	4
53	Tipulidae	5
54	Limoniidae	4
55	Psychodidae	3
56	Empididae	4
57	Chironomidae	2
58	Muscidae	2
59	Ephydridae	2
60	Athericidae	10
61	Syrphidae	1

FUENTE: Rios, 2009.

ANEXO N° 16

CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE INDICADORES ABI.

ANEXO 16.1. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA A TRAVÉS DEL USO DE INDICADORES ABI.

CLASE	CALIDAD	ABI	SIGNIFICADO	COLOR
I	Muy buena	> 96	Aguas muy limpias, no alteradas	Azul
II	Buena	59 – 96	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Moderada	35 – 58	Aguas contaminadas, dudosas	Amarillo
IV	Mala	14 – 34	Aguas muy contaminadas, críticas.	Naranja
V	Pésima	< 14	Aguas severamente contaminadas	Rojo

FUENTE: Suarez, 2014.

ANEXO N° 17

PUNTUACIONES ABI PARA LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA CADA PUNTO DE MUESTREO POR CADA CAMPAÑA.

ANEXO 17.1. ÍNDICE ABI PUNTO A, CAMPAÑA 1.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Leptoceridae	7
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Tipulidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
ABI_T	**64**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.2. ÍNDICE ABI PUNTO B, CAMPAÑA 1.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Leptoceridae	7
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Ephydridae	2
Simuliidae	5
Tipulidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
Sphaeriidae	3
ABI_T	**69**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.3. ÍNDICE ABI PUNTO C, CAMPAÑA 1.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Leptoceridae	7
Hydroptilidae	6

FAMILIA	ABI
Hydrobiosidae	8
Hydropsychidae	5
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Tipulidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
ABI_T	**83**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.4. ÍNDICE ABI PUNTO D, CAMPAÑA 1.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Leptoceridae	7
Hydroptilidae	6
Hydrobiosidae	8
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Tipulidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Sphaeriidae	3
Gordiidae	0
ABI_T	**78**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.5. ÍNDICE ABI PUNTO A, CAMPAÑA 2.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Ptilodactylidae	5
Hydroptilidae	6
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2

FAMILIA	ABI
Simuliidae	5
Muscidae	2
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Sphaeriidae	3
Gordiidae	0
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
ABI_T	**68**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.6. ÍNDICE ABI PUNTO B, CAMPAÑA 2.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Ptilodactylidae	5
Hydrobiosidae	8
Leptoceridae	7
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
ABI_T	**72**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.7. ÍNDICE ABI PUNTO C, CAMPAÑA 2.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Ptilodactylidae	5
Hydrobiosidae	8
Hydroptilidae	6
Leptoceridae	7
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Muscidae	2
Tipulidae	5

FAMILIA	ABI
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
Gordiidae	0
ABI_T	**85**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 17.8. ÍNDICE ABI PUNTO D, CAMPAÑA 2.

FAMILIA	ABI
Baetidae	4
Elmidae	5
Scirtidae	5
Ptilodactylidae	5
Hydrobiosidae	8
Hydroptilidae	6
Limnephilidae	7
Glossosomatidae	7
Chironomidae	2
Simuliidae	5
Muscidae	2
Tipulidae	5
Empididae	4
Hyallellidae	6
Planariidae	3
Haplotaxidae	1
Glossiphoniidae	3
Gordiidae	0
Sphaeriidae	3
ABI_T	**81**

FUENTE: Rios, 2009.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 18

ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN GENERADOS POR CADA CAMPAÑA REALIZADA, AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y PARA LA SUPERFICIE TOTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.

ANEXO 18.1. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN, CAMPAÑA 1.

	CAMPAÑA 1			
	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C	PUNTO D
ICOMI	0,69	0,74	0,76	0,77
I_{DBO}	0,38	0,01	0,03	0,00
$I_{OXÍGENO\ \%}$	0,24	0,29	0,36	0,40
ICOMO	0,31	0,15	0,20	0,40
ICOSUS	0,06	0,05	0,00	0,06

FUENTE: Ramírez, 1997; EPN, 2015, López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 18.2. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN, CAMPAÑA 2.

	CAMPAÑA 2			
	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C	PUNTO D
ICOMI	0,88	0,93	0,94	0,94
I_{DBO}	0,38	0,7	0,59	0,45
$I_{OXÍGENO\ \%}$	0,26	0,35	0,33	0,36
ICOMO	0,32	0,52	0,46	0,4
ICOSUS	0,27	0,11	0,06	0,06

FUENTE: Ramírez, 1997; EPN, 2015, López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 18.3. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN, AGUAS ARRIBA, AGUAS ABAJO Y SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO.

	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	SUPERFICIE TOTAL ZONA DE ESTUDIO
ICOMI	0,93	0,94	0,94
I_{DBO}	0,70	0,59	0,70
$I_{OXÍGENO\ \%}$	0,24	0,33	0,24
ICOMO	0,47	0,46	0,47
ICOSUS	0,27	0,06	0,27

FUENTE: Ramírez, 1997; EPN, 2015, López, 2016; Soria, 2016.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 19

SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS RELEVANTES PARA LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 19.1. SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS RELEVANTES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

				DATOS DISPONIBLES		
N°	**CÓDIGO**	**ESTACIÓN**	**ALTITUD**	**Período**	**# DE AÑOS**	**DISTANCIA CG(km)**
1	P0	Glaciar	4850	2001-2007	7	10
2	P2	Morrena	4875	1995-2007	13	9,9
3	PG	P Glaciar	4555	1995-2007	13	9,6
4	P3	Totalizador	4555	1995-2007	13	9,6
5	P4	Antisana	4455	1997-2007	11	9,35
6	P9	Paramo	4269	2006-2007	2	5,11
7	P7	Crespos	4450	1995-2007	13	7,62
8	P8	Crespos Morrena	4730	2006-2007	2	8,38
9		Camino Crespos	4264	2006-2007	2	5,69
10	P11	Desaguadero	4264	2006-2007	2	6,5
11	P9	Paramo	4269	2006-2007	2	5,11
12		Humboldt	4059	1995-2007	13	3,07
13	PP	Pparamo	4059	1995-2007	13	3,07
14	P5	Mica	3930	1995-1998	4	2,72
				2001-2007	7	
				TOTAL	11	

FUENTE: INAMHI, 2012

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 20

ECUACIONES DE REGRESIÓN LINEAL Y CURVAS DE DOBLE MASA PARA EL RELLENO DE LA SERIE DE DATOS DE PRECIPITACIONES EN LAS DIFERENTES ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.

ANEXO 20.1. RESUMEN DE ECUACIONES UTILIZADAS PARA EL RELLENO Y VALIDACIÓN DE LAS SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES, DE LAS DIFERENTES ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS.

MES	ESTACIÓN DE RELLENO	CÓDIGO	ESTACIÓN AUXILIAR	CÓD.	TOTAL AÑOS INCOMPLETOS	ECUACIÓN DE RELLENO	R	ECUACIÓN CURVA DE DOBLE MASA	R
ENERO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y= 2,2038x – 17,396	0,84	y= 1,7102x + 18,906	0,99
FEBRERO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y= 0,4233x + 15,94	0,57	y= 0,6867x – 26,248	0,98
MARZO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y= 1,014x + 7,4725	0,72	y= 0,9174x – 21,466	0,99
ABRIL	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y=0,9374x + 3,7837	0,91	y= 0,9669x – 8,2148	0,99
MAYO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y = 1,0879x – 5,5355	0,87	y = 0,9795x + 43,144	0,99
JUNIO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y = 1,1168x – 13,138	0,91	y = 0,9724x – 15,619	0,99
JULIO	LA MICA	P5	ANTISANA	P4	2	y = 0,3412x + 17,974	0,71	y = 0,3412x + 17,974	0,99
AGOSTO	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y = 0,7103x + 17,432	0,79	y = 1,0055x + 22,214	0,99
SEPTIEMBRE	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	2	y = 0,4228x + 23,606	0,71	y = 0,8438x – 13,116	0,99
OCTUBRE	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	4	y = 1,0572x – 4,0894	0,89	y = 0,9899x + 4,0303	0,99
NOVIEMBRE	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	4	y = 1,0334x – 0,9967	0,85	y = 0,984x + 27,52	0,99
DICIEMBRE	LA MICA	P5	PPÁRAMO	PP	4	y = 0,6941x + 11,214	0,95	y = 0,8558x + 0,4895	0,99
ENERO	LOS CRESPOS	P7	TOTALIZADOR	P3	8	y = 0,2257x + 11,585	0,89	y = 0,3689x + 6,9107	0,99
FEBRERO	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	8	y = 0,9977x – 13,812	0,93	y = 0,8527x + 7,2733	0,99
MARZO	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	8	y = 0,5409x + 11,199	0,75	y = 0,6466x + 6,5264	0,99
ABRIL	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	8	y = 0,6149x + 27,485	0,88	y = 0,7732x + 6,2419	0,99
MAYO	LOS CRESPOS	P7	MORRENA	P2	8	y = 1,6474x – 71,294	0,70	y = 1,0421x – 23,447	0,99
JUNIO	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	8	y = 0,732x – 5,5098	0,97	y = 0,682x – 0,2131	0,99
JULIO	LOS CRESPOS	P7	MORRENA	P2	8	y = 1,0999x + 13,972	0,81	y = 1,3757x – 16,4	0,99
AGOSTO	LOS CRESPOS	P7	TOTALIZADOR	P3	8	y = 1,4736x – 7,7875	0,95	y = 1,3156x – 0,9147	0,99
SEPTIEMBRE	LOS CRESPOS	P7	TOTALIZADOR	P3	8	y = 0,2213x + 29,871	0,90	y = 0,6145x – 7,1114	0,99
OCTUBRE	LOS CRESPOS	P7	TOTALIZADOR	P3	9	y = -0,2702x + 82,465	0,31	y = 1,3165x + 75,234	0,99
NOVIEMBRE	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	9	y = 0,3661x + 38,387	0,68	y = 0,854x + 8,9276	0,99

MES	ESTACIÓN DE RELLENO	CÓDIGO	ESTACIÓN AUXILIAR	CÓD.	TOTAL AÑOS INCOMPLETOS	ECUACIÓN DE RELLENO	R	ECUACIÓN CURVA DE DOBLE MASA	R
DICIEMBRE	LOS CRESPOS	P7	PGLACIAR	PG	9	y = 0,5901x + 30,038	0,79	y = 0,8103x + 63,265	0,99
ENERO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	3	y = 1,3627x – 10,452	0,99	y = 1,2258x – 15,688	0,99
FEBRERO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,0037x + 19,549	0,96	y = 1,205x – 9,6054	0,99
MARZO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,4164x – 20,866	0,89	y = 1,1905x + 1,5729	0,99
ABRIL	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,3511x – 27,988	0,99	y = 1,1888x + 1,3854	0,99
MAYO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,1192x + 15,727	0,93	y = 1,2406x + 17,859	0,99
JUNIO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 0,5981x + 75,944	0,76	y = 1,2578x + 28,465	0,99
JULIO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,0938x + 18,848	0,84	y = 1,3399x – 8,4787	0,99
AGOSTO	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 1,1723x + 7,8651	0,96	y = 1,3049x – 4,0282	0,99
SEPTIEMBRE	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	2	y = 0,724x + 24,793	0,85	y = 1,0822x – 0,6257	0,99
OCTUBRE	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	3	y = 1,1738x – 10,063	0,93	y = 1,0091x + 1,7987	0,99
NOVIEMBRE	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	3	y = 0,7255x + 26,238	0,65	y = 1,0601x + 1,0197	0,99
DICIEMBRE	ANTISANA	P4	PGLACIAR	PG	3	y = 0,8317x + 27,268	0,92	y = 1,15x + 41,721	0,99

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 21

ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON LAS SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES RELLANADAS.

ANEXO 21.1. SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIONES RELLENADAS PARA LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO.

ESTACIÓN:	MICA	**LATITUD:**	0°31'02"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	P5	**LONGITUD:**	78°13'17"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	3.930 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	11	45,6	48	44,7	89	66,2	64,3	63,2	46,4	34,5	96,3	41,8	**651**
2	**1996**	61,1	61,1	77,1	107,8	85,5	67,2	33,4	52,6	61,1	38,7	32,4	47,7	**725,7**
3	**1997**	121,3	18	69,5	83,4	103,1	11,2	48,7	29,7	54,4	39,3	107,2	38,6	**724,4**
4	**1998**	83,6	10,2	45,2	71,2	76,5	163,8	84,1	53,5	27,5	41,37	104,41	82,01	**843,39**
5	**1999**	172,13	49,38	71,35	114,4	72,79	75,09	26,85	54,37	60,81	43,48	42,41	63,27	
6	**2000**	90,59	53,19	36,88	100,34	113,05	80,67	41,52	84,2	61,24	47,71	21,74	46,61	
7	**2001**	40	50	50	85	15	120	80	55	55	30	20	50	**650**
8	**2002**	25	25	30	120	110	70	59	71	15	99	36	42	**702**
9	**2003**	20	25	60	70	38	62	60	20	24	106	45	63	**593**
10	**2004**	2	41	65	84	120	42	63	96	49	45	25	40	**672**
11	**2005**	10	80	65	148,7	59,9	101,4	30,4	20	20	30	32,4	115,7	**713,5**
12	**2006**	60,8	17	88	98	20,2	101,4	23,3	40	60	45	100	80	**733,7**
13	**2007**	35	45	45	115	40	195	35	75	65	92,12	76,51	52,86	**871,49**
Media		**56,35**	**40,04**	**57,77**	**95,58**	**72,54**	**88,92**	**49,97**	**54,97**	**46,11**	**53,24**	**56,87**	**58,73**	**731,09**
Mínima		**2**	**10,2**	**30**	**44,7**	**15**	**11,2**	**23,3**	**20**	**15**	**30**	**20**	**38,6**	**260**
Máxima		**172,13**	**80**	**88**	**148,7**	**120**	**195**	**84,1**	**96**	**65**	**106**	**107,2**	**115,7**	**1377,83**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	PPÁRAMO	**LATITUD:**	0°30'21"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	PP	**LONGITUD:**	78°12'33"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4.059 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	13	40	45	54	58	67	58	58	31	31	101	37	**593**
2	**1996**	40	111	112	113	85	54	107	18	125	40	27	54	**886**
3	**1997**	55	88	70	69	74	73	49	22	43	42	64	65	**714**
4	**1998**	27	27	89	89	103	143	83	82	42	43	102	102	**932**
5	**1999**	86	79	63	118	72	79	47	52	88	45	42	75	**846**
6	**2000**	49	88	29	103	109	84	49	94	89	49	22	51	**816**
7	**2001**	38	53	57	106	25	121	90	63	56	27	36	50	**722**
8	**2002**	28	38	30	120	110	80	70	59	12	78	58	45	**728**
9	**2003**	24	28	68	63	42	58	65	18	23	105	42	65	**601**
10	**2004**	6	41	63	94	105	51	87	78	35	48	23	45	**676**
11	**2005**	13	83	68	151	63	81	65	23	23	60	36	151	**817**
12	**2006**	28	24	87	90	39	106	63	35	65	46	100	90	**773**
13	**2007**	28	40	45	103	48	191	39	85	60	91	75	60	**865**
Media		**33,46**	**56,92**	**63,54**	**97,92**	**71,77**	**91,38**	**67,08**	**52,85**	**53,23**	**54,23**	**56**	**68,46**	**766,84**
Mínima		**6**	**24**	**29**	**54**	**25**	**51**	**39**	**18**	**12**	**27**	**22**	**37**	**344**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN: HUMBOLDT
CÓDIGO: P6
TIPO: CO
UNIDAD: mm

LATITUD: 0°30'21"S
LONGITUD: 78°12'33"W
ELEVACIÓN: 4059 msnm

CUENCA: RÍO MIRA
PROVINCIA: CARCHI
INSTITUCIÓN: INAMHI

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	10	40	45	55	60	70	60	60	30	30	108	37	**605**
2	**1996**	40	119	120	121	90	55	115	15	135	40	25	55	**930**
3	**1997**	57	93	73	72	78	77	50	20	43	42	67	68	**740**
4	**1998**	25	25	95	95	110	155	88	87	42	43	109	109	**983**
5	**1999**	141,4	132,7	95,3	228	102,3	124,8	39	53,8	151	48,3	34,8	128,7	**1280,1**
6	**2000**	50	93	27	110	200,8	134,7	46,7	100	95	50	20	56,3	**983,5**
7	**2001**	35	55	43	127	35	122	100	71	56	23	52	50	**769**
8	**2002**	30	50	30	120	110	90	80	47	9	56	80	48	**750**
9	**2003**	28	30	75	55	45	55	70	15	22	103	39	67	**604**
10	**2004**	9	40	61	104	90	60	110	60	20	50	20	50	**674**
11	**2005**	15	85,3	70,6	152,5	65,6	60	100	25	26,5	90	38,7	186,3	**915,5**
12	**2006**	30	30	85	81	54	120	26,2	30	69	46	100	100	**771,2**
13	**2007**	20	35	45	90	55	187	43	95	54	51,78	57,79	79,61	**813,18**
Media		**37,72**	**63,69**	**66,53**	**108,5**	**84,28**	**100,81**	**71,38**	**52,22**	**57,88**	**51,78**	**57,79**	**79,61**	**832,19**
Mínima		**9**	**25**	**27**	**55**	**35**	**55**	**26,2**	**15**	**9**	**23**	**20**	**37**	**336,2**
Máxima		**141,4**	**132,7**	**120**	**228**	**200,8**	**187**	**115**	**100**	**151**	**103**	**109**	**186,3**	**1774,2**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	LOS CRESPOS	**LATITUD:**	0°29'14"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	P7	**LONGITUD:**	78°10'03"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4450 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	11,59	69,99	45,82	89,59	57,2	62,57	115,16	51,16	36,51	58,57	74,26	53,64	
2	**1996**	20,61	98,93	62,04	174,45	142,87	51,59	79,97	58,52	49,79	54,76	52,66	58,36	
3	**1997**	43,18	136,84	79,35	80,37	76,97	76,47	41,47	14,32	64,73	63,01	55,63	76,42	
4	**1998**	36,41	71,89	60,64	150,77	93,45	122,74	145,96	117,47	39,83	61,36	89,57	64,56	
5	**1999**	46,57	125,67	55,99	182,32	101,68	88,04	44,77	80,63	65,28	58,57	50,8	102,33	
6	**2000**	33,03	98,43	53,34	119,9	299,37	95,51	41,47	139,57	49,79	56,03	69,14	64,97	
7	**2001**	27,38	46,65	50,36	142,78	35,79	65,13	123,96	51,16	43,15	56,03	60,83	65,44	
8	**2002**	17,23	152,11	46,36	116,22	205,47	36,58	46,97	114,52	34,52	64,15	86,57	50	**970,7**
9	**2003**	15	40	85	70	60	75	59	15	28	67	47	67	**628**
10	**2004**	6	39	76	117	105	48	75	21	44	89,23	65	67,8	**753,03**
11	**2005**	28,4	97,1	82,4	164,4	153,3	70	95	15	30	154,9	67,8	154,9	**1113,2**
12	**2006**	50	50	105	88	22,6	88	20	55	68,2	85	80	85	**796,8**
13	**2007**	25	20	40	135	55	195	15	110	40	48,42	65,48	78,43	**827,33**
Media		**27,72**	**80,51**	**64,79**	**125,45**	**108,36**	**82,66**	**69,52**	**64,87**	**45,68**	**70,54**	**66,52**	**76,07**	**882,69**
Mínima		**6**	**20**	**40**	**70**	**22,6**	**36,58**	**15**	**14,32**	**28**	**48,42**	**47**	**50**	**397,92**
Máxima		**50**	**152,11**	**105**	**182,32**	**299,37**	**195**	**145,96**	**139,57**	**68,2**	**154,9**	**89,57**	**154,9**	**1736,9**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	ANTISANA	**LATITUD:**	0°27'32"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	P4	**LONGITUD:**	78°09'37"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4455 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	20,89	103,86	69,78	108,47	110,86	131,57	142,45	73,51	51,58	56,84	97,34	60,54	
2	**1996**	60,41	132,97	112,28	294,92	165,7	122,6	105,26	68,82	100,81	34,54	54,53	67,19	
3	**1997**	187	187	186	95	142	142	141	40	102	102	101	101	**1526**
4	**1998**	122,2	95,6	117	227,7	115	227,7	116	117	70,9	70,9	73	73	**1426**
5	**1999**	201	145	60	330	241	123	26	60	90	90	30	30	**1426**
6	**2000**	100	114	91	185	270	160	69	126	130	130	89	89	**1553**
7	**2001**	90	100	70	232	91	121	180	50	80	80	70	70	**1234**
8	**2002**	55	195	70	165	225	86	73	141	45	45	169	169	**1438**
9	**2003**	40	80	180	100	160	140	100	22	34	34	48	48	**986**
10	**2004**	35	105	214	160	180	120	148	52	40	40	50	50	**1194**
11	**2005**	48	120	130	274,1	144,2	215	75	50	50	50	123	123	**1402,3**
12	**2006**	300	59,3	140	120	70	135	60	60	105	105	81	81	**1316,3**
13	**2007**	16,8	50	113	142	115	200	50	100	30	99,1	79,93	95,47	**1091,3**
Media		**98,18**	**114,44**	**119,47**	**187,25**	**156,14**	**147,99**	**98,9**	**73,87**	**71,48**	**72,11**	**81,98**	**81,32**	**1303,13**
Mínima		**16,8**	**50**	**60**	**95**	**70**	**86**	**26**	**22**	**30**	**34**	**30**	**30**	**549,8**
Máxima		**300**	**195**	**214**	**330**	**270**	**227,7**	**180**	**141**	**130**	**130**	**169**	**169**	**2455,7**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	TOTALIZADOR	**LATITUD:**	0°27'44"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	P3	**LONGITUD:**	78°09'24"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4555 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	0	90	55	95	75	85	110	40	30	40	85	20	**725**
2	**1996**	40	115	75	245	123	72	65	45	90	25	30	40	**965**
3	**1997**	140	140	105	80	105	105	35	15	157,5	57,5	20	70	**1030**
4	**1998**	110	80	75	200	95	175	135	85	45	51	167	47	**1265**
5	**1999**	155	135	90	245	115	136	44	60	160	40	30	125	**1335**
6	**2000**	95	117	68	155	220	150	50	100	90	30	85	55	**1215**
7	**2001**	70	50	70	190	60	90	120	40	60	30	70	60	**910**
8	**2002**	25	185	50	110	230	47	40	83	21	62	127	60	**1040**
9	**2003**	30	50	150	90	115	95	50	13	26	81	40	110	**850**
10	**2004**	15,7	41	138	134	155	50	90	30	37	58	70	60	**878,7**
11	**2005**	25	115	100	240	90	160	40	20	32	48	104,9	177,7	**1152,6**
12	**2006**	173,8	50	130	120	60	120	10,9	30	170	73,8	80	65	**1083,5**
13	**2007**	50	30	75	135	90	250	40	80	10	49,69	75,74	74,14	**959,57**
Media		**71,5**	**92,15**	**90,85**	**156,85**	**117,92**	**118,08**	**63,84**	**49,31**	**71,42**	**49,69**	**75,74**	**74,14**	**1031,49**
Mínima		**0**	**30**	**50**	**80**	**60**	**47**	**10,9**	**13**	**10**	**25**	**20**	**20**	**365,9**
Máxima		**173,8**	**185**	**150**	**245**	**230**	**250**	**135**	**100**	**170**	**81**	**167**	**177,7**	**2064,5**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	PGLACIAR	**LATITUD:**	0°27'44"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	PG	**LONGITUD:**	78°09'24"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4555 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	23	84	64	101	85	93	113	56	37	57	98	40	**851**
2	**1996**	52	113	94	239	134	78	79	52	105	38	39	48	**1071**
3	**1997**	151	151	126	86	112	112	63	25	85	85	47,1	78,6	**1121,7**
4	**1998**	103,9	85,9	91,4	200,5	102,6	175,2	126,3	92,3	53,6	81,1	139,8	58,5	**1311,1**
5	**1999**	156,8	139,8	82,8	251,8	144,6	127,8	38,9	60,3	141,4	49,8	33,9	122,5	**1350,4**
6	**2000**	96,4	112,5	77,9	150,3	230,3	138	51,6	102,7	104,1	35,9	84	59,2	**1242,9**
7	**2001**	79,9	60,6	72,4	187,5	69	96,5	135	45	62,5	36,3	61,3	60	**966**
8	**2002**	46,3	166,3	65	144,3	210,8	57,5	49	96	34	67	131,6	61,3	**1129,1**
9	**2003**	33,8	56,3	155	92,3	120,3	101,3	67,5	16	30,5	83,3	42,3	115,5	**914,1**
10	**2004**	25,7	69,1	143,5	137,8	152,5	68,8	104,5	36,8	39,3	70,8	66,3	64	**979,1**
11	**2005**	34,5	105,5	107	233,5	112,8	138,8	54,6	23,9	33	44,5	103,6	180,4	**1172,1**
12	**2006**	213	52	136	118	64	113	31	39	98	73	78	44	**1059**
13	**2007**	20	33	73	129	93	266	38	87	15	93	74	82	**1003**
Media		**79,72**	**94,54**	**99,08**	**159,31**	**125,45**	**120,45**	**73,18**	**56,31**	**64,49**	**62,67**	**76,84**	**78**	**1090,04**
Mínima		**20**	**33**	**64**	**86**	**64**	**57,5**	**31**	**16**	**15**	**35,9**	**33,9**	**40**	**496,3**
Máxima		**213**	**166,3**	**155**	**251,8**	**230,3**	**266**	**135**	**102,7**	**141,4**	**93**	**139,8**	**180,4**	**2074,7**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	MORRENA	**LATITUD:**	0°27'53"S	**CUENCA:**	RÍO MIRA
CÓDIGO:	P2	**LONGITUD:**	78°09'07"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	4785 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	30	40	55	87	78	80	92	58	20	70	85	55	**750**
2	**1996**	50	60	92	205	130	60	60	45	90	35	30	25	**882**
3	**1997**	140	140	105	80	90	90	25	10	110	110	30	55	**985**
4	**1998**	70	80	90	185	100	130	120	75	40	45	158	47	**1140**
5	**1999**	120	145	85	205	105	117	28	50	160	55	30	115	**1215**
6	**2000**	90	100	75	110	225	95	25	80	100	25	70	30	**1025**
7	**2001**	80	30	70	115	65	70	100	40	40	25	65	50	**750**
8	**2002**	35	165	60	152	168	35	30	55	36	62	107,4	55	**960,4**
9	**2003**	30	30	140	94	76	80	45	15	30	85	41	89	**755**
10	**2004**	17	46,4	92	126	125	30	70	25	40	65	75	55	**766,4**
11	**2005**	35	85	90	190	102,1	45	41,5	15	35	45	96,2	169,2	**949**
12	**2006**	160	50	130	110	76,6	103,3	10	18	39	68	87,1	63,7	**915,7**
13	**2007**	71,42	80,95	67	138	77	238	10	90	10	57,5	72,89	67,41	**980,17**
Media		**71,42**	**80,95**	**88,54**	**138,23**	**109,05**	**90,25**	**50,5**	**44,31**	**57,69**	**57,5**	**72,89**	**67,41**	**928,74**
Mínima		**17**	**30**	**55**	**80**	**65**	**30**	**10**	**10**	**10**	**25**	**30**	**25**	**387**
Máxima		**160**	**165**	**140**	**205**	**225**	**238**	**120**	**90**	**160**	**110**	**158**	**169,2**	**1940,2**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	LORETO PEDREGAL	**LATITUD:**	0°33'41"S	**CUENCA:**	ANTISANA
CÓDIGO:	M364	**LONGITUD:**	78°25'35"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	3620 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	45	55,9	77,2	117	124,5	41	87,5	124,5	56	100,4	173,6	99,2	**1101,8**
2	**1996**	111,8	183,1	208,9	197	192,2	95,8	56,5	21,5	56,4	214,6	90	207,2	**1635**
3	**1997**	239,8	111,4	259,1	135,9	87,6	71,9	10,4	0	105,6	104,5	268,9	143,4	**1538,5**
4	**1998**	103,5	172	177,5	241,9	194,2	26,3	34,2	60,9	56,7	220,8	163,2	57,6	**1508,8**
5	**1999**	193,4	241,2	238,4	86,7	143,4	130,1	9	62,5	176,2	169	179,46	241,1	**1870,46**
6	**2000**	256,1	244,8	249,5	206,7	222	95,4	44,2	16,9	84,9	140,64	61,6	145,2	**1767,94**
7	**2001**	175,1	93,3	187	75	107,9	42,4	0	0	38,7	25,8	168,5	177,1	**1090,8**
8	**2002**	187,1	101,6	216,3	195,9	132,4	63	16,6	20,1	30,8	176,1	187,1	201,2	**1528,2**
9	**2003**	87,1	95,5	141,3	90,1	74,3	94,9	11,2	12	95,4	115,3	256,4	89,9	**1163,4**
10	**2004**	35,2	89,1	66,1	126,8	101,5	3,7	59	30,3	80,4	160,8	162,4	130	**1045,3**
11	**2005**	132,3	160,6	182,2	126,9	53	36,4	80,4	8,9	31,1	107,4	142,5	212,2	**1273,9**
12	**2006**	130	221,3	185,4	149	98,5	104,7	3,5	9,7	24,3	98,5	262,4	202,4	**1489,7**
13	**2007**	87	49,4	213,2	291,3	161,7	33,2	56,5	44,3	11,3	194,5	216,9	217,5	**1576,8**
Media		**137,18**	**139,94**	**184,78**	**156,94**	**130,25**	**64,52**	**36,08**	**31,66**	**65,22**	**140,64**	**179,46**	**163,38**	**1430,05**
Mínima		**35,2**	**49,4**	**66,1**	**75**	**53**	**3,7**	**0**	**0**	**11,3**	**25,8**	**61,6**	**57,6**	**438,7**
Máxima		**256,1**	**244,8**	**259,1**	**291,3**	**222**	**130,1**	**87,5**	**124,5**	**176,2**	**220,8**	**268,9**	**241,1**	**2522,4**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ESTACIÓN:	IZOBAMBA	**LATITUD:**	0°21'45"S	**CUENCA:**	ANTISANA
CÓDIGO:	M003	**LONGITUD:**	78°13'17"W	**PROVINCIA:**	CARCHI
TIPO:	CO	**ELEVACIÓN:**	3058 msnm	**INSTITUCIÓN:**	INAMHI
UNIDAD:	mm				

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	53,9	61,4	208,4	168,8	107,9	84,8	53,2	100,5	50,7	137,1	209,9	124,9	**1361,5**
2	**1996**	160,9	220,7	223,7	237,4	212,5	75,2	30	39,8	45,6	163,6	74,2	83,6	**1567,2**
3	**1997**	233,4	102	194,9	168,1	104,1	112,8	4,6	17	71,1	150,5	250,3	195,3	**1604,1**
4	**1998**	83,1	143,2	205,9	264,7	224,9	49,6	37,6	72	57,4	192,5	181,4	44,7	**1557**
5	**1999**	93,4	251,3	269,5	152,3	201	134,5	7,9	43,6	157,2	104,2	160,3	192,5	**1767,7**
6	**2000**	161,2	184,6	268,8	231,4	250,5	137,7	42,6	28,8	167,7	49,9	57,9	73,7	**1654,8**
7	**2001**	144,8	168,2	226,3	133,6	102	38,2	36,1	12,4	91,4	7,9	119	192,6	**1272,5**
8	**2002**	94	93,4	201,4	248	132,7	69,7	26,5	11,8	22,9	129,6	185	243,6	**1458,6**
9	**2003**	144,7	104,4	111,5	183,7	118	117,8	7,9	32,2	101,3	153,2	200,1	110,5	**1385,3**
10	**2004**	58,9	66,1	74,8	150,4	147,4	24,3	28,6	3,1	98,7	136,3	152,7	187,7	**1129**
11	**2005**	33,3	201,4	210,2	115,7	100,1	66,8	50,6	53,9	84,1	83,7	105,8	159,4	**1265**
12	**2006**	93,3	188,8	167,5	262	76,3	92,2	13,1	23,6	51,6	76,5	245,9	174,6	**1465,4**
13	**2007**	171,3	55,1	229,9	264,3	243,6	59,7	62,6	34,8	16,4	201,9	326,2	117,8	**1783,6**
Media		**117,4**	**141,58**	**199,45**	**198,49**	**155,46**	**81,79**	**30,87**	**36,42**	**78,16**	**122,07**	**174,52**	**146,22**	**1482,43**
Mínima		**33,3**	**55,1**	**74,8**	**115,7**	**76,3**	**24,3**	**4,6**	**3,1**	**16,4**	**7,9**	**57,9**	**44,7**	**514,1**
Máxima		**233,4**	**251,3**	**269,5**	**264,7**	**250,5**	**137,7**	**62,6**	**100,5**	**167,7**	**201,9**	**326,2**	**243,6**	**2509,6**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 22

ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, CON LAS SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS RELLANADAS.

ANEXO 22.1. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PAPALLACTA

Máxima

Nº	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	1995	15,5	16,9	15,9	15,3	15,2	14,6	14,6	15,3	14,5	15,7	16,1	16,7	186,3
2	1996	15,8	14,1	14,8	15,5	15,6	14,6	13	13,3	15	15,9	16,5	15,4	179,5
3	1997	16,4	14	15,8	15	13,8	14,1	12,4	13	14,3	15,2	14,7	14,1	172,8
4	1998	14,4	15,9	14,4	14,8	14	12,3	11,1	12,3	14,32	15,78	15,93	15,43	170,66
5	1999	15,73	12,15	14,88	15,56	14,97	15,82	13,21	13,71	13,72	16,49	15,99	15,43	177,66
6	2000	15,73	12,42	14,88	15,95	14,97	15,66	13,21	13,71	13,87	15,78	16,1	15,43	177,71
7	2001	15,73	14,46	14,88	14,8	14,97	13,44	13,21	13,71	14,23	14,83	16,26	15,43	175,95
8	2002	15,73	15	14,88	15,47	14,97	14,71	13,21	13,71	14,72	15,78	15,55	15,43	179,16
9	2003	15,73	16,49	15,6	15,4	14,5	15,02	13,1	14,1	14,5	15,8	15,7	14,9	180,84
10	2004	17,3	14,9	13,9	15,2	14,8	12,6	12,8	13,2	14	15,6	15,9	15,9	176,1
11	2005	16,1	15,2	14,5	14,8	15,8	14	14,3	14,1	14,8	15,8	16,5	16,3	182,2
12	2006	15,2	15,4	14,9	15,3	15,1	14,1	13,3	13,9	14,8	16,2	15,4	15,3	178,9
13	2007	15,1	16,9	14,1	15,7	15,9	14,6	14,3	14,2	14,1	16,9	16,5	14,8	183,1
Media		15,73	14,91	14,88	15,29	14,97	14,27	13,21	13,71	14,37	15,83	15,93	15,43	178,53
Mínima		14,4	12,15	13,9	14,8	13,8	12,3	11,1	12,3	13,72	14,83	14,7	14,1	162,1
Máxima		17,3	16,9	15,9	15,95	15,9	15,82	14,6	15,3	15	16,9	16,5	16,7	192,77

Valor relleno con media

Valor relleno con regresión lineal

Mínima

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	1995	7,3	5,8	7,2	7,5	7,2	7,2	6,5	5,8	5,6	7,1	6,9	6,1	**80,2**
2	1996	6,2	6,8	7,3	7,1	6,9	6,6	5,3	5,7	6,4	7	7,2	6,8	**79,3**
3	1997	6,1	5,7	6,6	6,3	6,8	6,7	5,7	5,4	6,4	5,9	7,2	6,8	**75,6**
4	1998	7,2	7,3	7,4	7,9	7	6,6	5,9	3,6	**5,7**	**6,68**	**6,86**	**6,64**	**78,78**
5	1999	**6,54**	**6,36**	**7,01**	**7,13**	**6,85**	**6,43**	**5,45**	**5,17**	**5,7**	**6,87**	**6,86**	**6,64**	**77,01**
6	2000	**6,54**	**5,84**	**7,01**	**6,84**	**6,94**	**6,43**	**5,51**	**5,17**	**5,7**	**7,07**	**6,86**	**6,64**	**76,55**
7	2001	**6,54**	**6,5**	**7,01**	**6,48**	**6,91**	**6,43**	**5,64**	**5,17**	**5,7**	**6,92**	**6,86**	**6,64**	**76,8**
8	2002	**6,54**	**6,36**	**7,01**	**6,48**	**7,04**	**6,43**	**5,88**	**5,17**	**5,7**	**6,58**	**6,86**	**6,64**	**76,69**
9	2003	**6,54**	**6,5**	**7,01**	**6,55**	7,3	**6,43**	4,6	4,2	3,7	**6,97**	**6,86**	6,4	**73,06**
10	2004	6,3	6	7,9	6,9	7,7	6,4	5,9	5,2	5,4	7	6,8	6,3	**77,8**
11	2005	6,6	7,6	7,5	7,9	6,6	6,4	4,9	5,6	5,7	6,2	6,4	6,1	**77,5**
12	2006	6,5	6,8	6,7	6,8	6,7	5,9	5,3	5,2	5,7	6,9	6	7,3	**75,8**
13	2007	6,1	4,4	5,5	6,3	6,8	5,6	4,6	5,8	6,5	7,2	7,5	7,3	**73,6**
Media		**6,54**	**6,3**	**7,01**	**6,94**	**6,98**	**6,43**	**5,48**	**5,17**	**5,68**	**6,8**	**6,86**	**6,64**	**76,83**
Mínima		**6,1**	**4,4**	**5,5**	**6,3**	**6,6**	**5,6**	**4,6**	**3,6**	**3,7**	**5,9**	**6**	**6,1**	**64,4**
Máxima		**7,3**	**7,6**	**7,9**	**7,9**	**7,7**	**7,2**	**6,5**	**5,8**	**6,5**	**7,2**	**7,5**	**7,3**	**86,4**

Valor relleno con media

Valor relleno con regresión lineal

Media

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	1995	11	11,4	11,4	10,86	10,9	10,5	10,1	10,4	9,86	10,8	11,73	10,68	129,63
2	1996	11	10,2	10,55	10,71	11,3	9,88	9,38	9,4	9,86	11,12	11,62	10,91	116,05
3	1997	11	11,03	10,55	10,81	10,9	9,91	9,27	9,36	9,86	10,84	11,07	11,21	125,81
4	1998	11	12,05	10,55	10,97	10,9	9,73	9,43	9,64	9,86	11,23	11,07	10,93	127,36
5	1999	11	10,11	10,55	10,75	10,9	10,24	9,52	9,78	9,86	11,61	11,29	10,71	126,31
6	2000	11	9,65	10,55	10,66	10,9	9,95	9,57	9,78	9,86	11,06	11,62	10,76	125,35
7	2001	11	10,75	10,55	10,9	10,9	9,80	9,30	9,36	9,86	10,46	11,07	11,11	125,05
8	2002	11	11,31	10,55	10,79	10,9	9,87	9,16	9,32	9,86	10,79	11,62	11,01	126,18
9	2003	11	11,49	10,3	10,7	10,3	9,84	9	9,5	10,1	11	11,1	10,6	124,93
10	2004	11,6	10,1	10,5	10,7	10,8	9,2	9	9,1	9,7	11	11,2	11,2	124,10
11	2005	11,1	11,1	10,6	11	11,2	10,1	9,6	9,6	10,1	10,7	11,2	10,9	127,20
12	2006	10,7	10,9	10,3	10,7	10,6	9,7	9,3	9,6	10,1	11,5	10,9	10,99	125,29
13	2007	10,6	11,1	10,2	10,8	11,2	9,98	9,3	9,2	9,3	11,7	12,7	10,5	126,58
Media		11	10,86	10,55	10,8	10,9	9,9	9,38	9,54	9,86	11,06	11,4	10,89	126,14
Mínima		10,6	9,65	10,2	10,66	10,3	9,2	9	9,1	9,3	10,46	10,9	10,5	119,87
Máxima		11,6	12,05	11,4	11	11,3	10,5	10,1	10,4	10,1	11,7	12,7	11,21	134,06

Valor relleno con media

Valor relleno con regresión lineal

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 22.2. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA IZOBAMBA

Máxima														
Nº	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	SUMA
1	**1995**	18,4	19,3	18,5	18,2	18	18,2	18	18,4	19	18,5	17,7	18,1	**220,3**
2	**1996**	**18,38**	**18,28**	**17,97**	**17,97**	**18,26**	**18,2**	**18,8**	**19,3**	**19,1**	**18,91**	**18,1**	**17,9**	**221,17**
3	**1997**	17,3	18	18,6	17,9	18,5	18,7	19,5	20,1	19,5	19,3	17,3	18,6	**223,3**
4	**1998**	20	19,3	18,8	18,7	18,6	18,9	18,4	18,9	19,1	19	18,1	19,5	**227,3**
5	**1999**	17,3	16,2	17,1	17,7	17,1	17,2	18,4	18,9	17,1	17,5	18,1	16,7	**209,3**
6	**2000**	16,4	16,4	16,6	17	16,6	17,3	17,6	17,9	17,6	19	18,8	18,4	**209,6**
7	**2001**	16,9	17,9	17,3	18	18,1	18,7	19,2	19,9	18,8	21	19,1	19	**223,9**
8	**2002**	19,1	18,3	18,2	17,7	18,6	17,9	19,7	19,9	20,4	19	17,8	18,2	**224,8**
9	**2003**	19,1	19,4	18,1	18,5	19	17,7	18,9	20	19,7	19,1	18,3	17,9	**225,7**
10	**2004**	19,8	18,5	19,3	18	18,6	19,2	18,3	20	19,1	18,3	18,1	15,9	**223,1**
11	**2005**	19,3	19,1	17,6	18,2	18,9	18,6	19,4	19,7	20,8	18,8	18,4	17,2	**226**
12	**2006**	17,8	18,1	17,4	17,8	18,9	18,1	18,8	19,4	19,4	19,4	18	18,2	**221,3**
13	**2007**	19,1	18,9	18,1	17,9	18,2	17,8	19,1	18,4	18,6	18	17,9	17,1	**219,1**
Media		**18,38**	**18,28**	**17,97**	**17,97**	**18,26**	**18,19**	**18,78**	**19,29**	**19,09**	**18,91**	**18,13**	**17,9**	**221,15**
Mínima		**16,4**	**16,2**	**16,6**	**17**	**16,6**	**17,2**	**17,6**	**17,9**	**17,1**	**17,5**	**17,3**	**15,9**	**203,3**
Máxima		**20**	**19,4**	**19,3**	**18,7**	**19**	**19,2**	**19,7**	**20,1**	**20,8**	**21**	**19,1**	**19,5**	**235,8**

Mínima

N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	**1995**	6,1	5,7	6,4	7,4	6,9	6,6	5,8	5,6	5,9	6,2	7,3	5,1	**75**
2	**1996**	**6,58**	**6,68**	**7,23**	**7,12**	**6,84**	**6,4**	**5,78**	**5,68**	**5,54**	**6,28**	**6,66**	**6,55**	**77,34**
3	**1997**	6,9	6,6	7,6	7	7,2	5,9	6,8	6,5	6,3	7,6	8	7,3	**83,7**
4	**1998**	8,1	8,8	8,4	8,7	8,1	6,6	6,1	5,9	5,6	6,5	7,2	5,5	**85,5**
5	**1999**	7,7	6,8	7	7,4	6,4	5,6	5,4	4,9	5,7	6,1	6,5	7,7	**77,2**
6	**2000**	7	6,1	7	7	6,7	6,5	5	5,2	4,3	5,7	5,3	5,4	**71,2**
7	**2001**	5,8	7	6,9	6,5	6,6	5,9	5,3	5,7	5,3	6	6,1	7,3	**74,4**
8	**2002**	6	6,8	7,6	6,5	7	6,2	5,8	5,8	5,5	6,7	7	7,2	**78,1**
9	**2003**	6,6	7	6,6	6,6	7,1	6,7	5,9	5,3	5,1	5,9	6,1	7,2	**76,1**
10	**2004**	5,6	6	7,3	7,2	7,5	7,1	5,6	6,3	6,4	6,8	7,4	6,3	**79,5**
11	**2005**	5,3	7	8,2	7,4	5,8	6,9	6,6	5,9	6,5	6,5	5,6	6,4	**78,1**
12	**2006**	7,2	6,7	6,7	6,6	6,2	6,7	6	5,5	4,5	5,4	7	6,6	**75,1**
13	**2007**	6,7	5,6	7	7,1	6,6	6,1	5	5,5	5,4	6	6,4	6,6	**74**
Media		**6,58**	**6,68**	**7,23**	**7,12**	**6,84**	**6,4**	**5,78**	**5,68**	**5,54**	**6,28**	**6,66**	**6,55**	**77,34**
Mínima		**5,3**	**5,6**	**6,4**	**6,5**	**5,8**	**5,6**	**5**	**4,9**	**4,3**	**5,4**	**5,3**	**5,1**	**65,2**
Máxima		**8,1**	**8,8**	**8,4**	**8,7**	**8,1**	**7,1**	**6,8**	**6,5**	**6,5**	**7,6**	**8**	**7,7**	**92,3**

Media														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	SUMA
1	**1995**	**12,26**	11,4	11,4	**12,28**	10,9	10,5	10,1	10,4	12,3	12,1	11,7	11,4	**136,74**
2	**1996**	**12,26**	**12,23**	**12,27**	**12,28**	**12,31**	**12,03**	**12**	**12,2**	**12,3**	**12,41**	**12,1**	**11,99**	**146,38**
3	**1997**	11,1	11,7	12,2	11,9	12,6	12	12,4	12,8	12,8	12,8	12	12,9	**147,2**
4	**1998**	13,7	13,5	13,1	13,1	12,9	12,5	11,8	12	12,2	12,1	11,9	11,9	**150,7**
5	**1999**	11,6	10,8	11,3	11,7	11,1	11,1	11,5	11,6	10,9	11,4	11,7	11,2	**135,9**
6	**2000**	11,7	11,3	11,8	12	11,7	11,9	11,3	11,6	11	12,4	12	11,9	**140,6**
7	**2001**	11,3	12,5	12,1	12,3	12,4	12,3	12,3	12,8	12	13,5	12,6	13,1	**149,2**
8	**2002**	12,6	12,5	12,9	12,2	12,9	12,1	12,8	12,9	12,9	12,9	12,4	12,8	**151,9**
9	**2003**	12,9	13,3	12,4	12,6	13	12,2	12,4	12,7	12,4	12,6	12,2	12,6	**151,3**
10	**2004**	12,7	12,3	13,4	12,7	13,1	13,2	12	13,2	12,8	12,6	12,8	11,1	**151,9**
11	**2005**	12,3	13,1	12,9	12,8	12,4	12,8	13	12,8	13,7	12,7	12	11,8	**152,3**
12	**2006**	12	12,2	11,7	11,8	12,6	11,9	12,3	12,4	12,4	12,4	11,8	12	**145,5**
13	**2007**	13	12,2	12	12	12,1	11,8	12,1	11,7	12,2	11,4	11,8	11,2	**143,5**
Media		**12,26**	**12,23**	**12,27**	**12,28**	**12,31**	**12,03**	**12**	**12,24**	**12,3**	**12,41**	**12,08**	**11,99**	**146,4**
Mínima		**11,1**	**10,8**	**11,3**	**11,7**	**10,9**	**10,5**	**10,1**	**10,4**	**10,9**	**11,4**	**11,7**	**11,1**	**131,9**
Máxima		**13,7**	**13,5**	**13,4**	**13,1**	**13,1**	**13,2**	**13**	**13,2**	**13,7**	**13,5**	**12,8**	**13,1**	**159,3**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 22.3. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA TUMBACO

Máxima														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**SUMA**
1	**1995**	25,9	26,6	25	24,5	25,1	24,6	24,2	26,1	26,2	25,3	23	23,7	**300,2**
2	**1996**	23,1	22,5	23	23,6	23,9	23,9	24,5	24,9	25,6	24,7	25,1	24,4	**289,2**
3	**1997**	24,2	24	24,9	24,8	25,2	25,2	25,9	**24,9**	**22,20**	25,5	**23,6**	25,5	**295,9**
4	**1998**	26,2	26,6	25,9	25,8	**25,0**	25,8	25,8	24,7	25,4	**25,56**	**24,3**	25,1	**306,2**
5	**1999**	22,1	24,9	**24,4**	25,8	24,8	25,6	**27,0**	**26,16**	**41,40**	**24,75**	**24,4**	25	**316,2**
6	**2000**	24,6	23,5	24,0	24,4	**23,2**	**25,08**	26,4	27,2	**37,40**	**25,37**	**24,5**	**24,67**	**310,4**
7	**2001**	**23,9**	**25,4**	**24,3**	**24,9**	**26,0**	**25,08**	**27,0**	**26,16**	**27,80**	**26,37**	**24,8**	**24,67**	**306,4**
8	**2002**	**25,6**	26,6	26,3	25,6	26,3	25,4	28,3	27,9	**15,00**	**25,19**	24,2	24,3	**300,7**
9	**2003**	**25,7**	**26,0**	**25,1**	**24,0**	**26,1**	**25,08**	**27,0**	**25,5**	**20,60**	**25,31**	**24,5**	**24,9**	**299,8**
10	**2004**	**25,4**	**26,0**	**26,9**	**24,5**	**25,6**	**25,7**	**26,3**	**25,0**	**25,40**	**25,06**	**24,5**	**24,2**	**304,6**
11	**2005**	**25,3**	**25,2**	**24,1**	**25,7**	**26,2**	**24,8**	**27,9**	**25,5**	**11,80**	**25,00**	**24,8**	**23,9**	**290,2**
12	**2006**	**24,4**	**25,6**	**25,2**	**24,3**	**26,5**	**24,7**	**26,4**	**25,4**	**23,00**	**25,87**	**23,7**	**24,6**	**299,7**
13	**2007**	**25,7**	**25,8**	**25,1**	**23,1**	**25,1**	**24,4**	**28,7**	**25,5**	**29,40**	**24,88**	**24,1**	**24,9**	**306,9**
Media		**24,78**	**25,28**	**24,94**	**24,69**	**25,32**	**25,03**	**26,57**	**25,76**	**25,48**	**25,3**	**24,28**	**24,61**	**302,0**
Mínima		**22,1**	**22,5**	**23**	**23,13**	**23,24**	**23,9**	**24,2**	**24,7**	**11,8**	**24,7**	**23**	**23,7**	**270,0**
Máxima		**26,2**	**26,6**	**26,922**	**25,8**	**26,46342**	**25,8**	**28,67045**	**27,9**	**41,4**	**26,3684**	**25,1**	**25,5**	**332,7**

Mínima														
N°	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1	1995	7	7,7	9,6	9,1	8,5	7,9	6,2	5,4	4,4	4,80	8,80	6,68	86,1
2	1996	9,6	19,2	6,6	10,4	9,9	7,5	4,3	3,77	4,9	6,5	8,80	5,9	97,3
3	1997	6,5	5,9	6,6	5,8	3,9	3	5,9	0,6	1,4	3,1	8,80	2,2	53,7
4	1998	10,0	2,7	1,4	11,4	1,3	6,26	6,8	4,1	6,7	4,80	8,80	6,68	70,9
5	1999	11,8	6,4	9,2	8,50	8,2	7,1	4,9	9,8	5,9	4,80	8,80	11,7	97,1
6	2000	10,5	9,2	8,7	9,3	7,6	6,26	5,0	8,1	4,57	4,80	8,80	6,68	89,6
7	2001	4,4	6,0	9,8	8,50	8,1	6,26	5,3	5,3	4,57	4,80	8,80	6,68	78,5
8	2002	7,4	6,6	6,6	7,9	6,7	5,8	5,9	5,3	7,4	4,80	8,8	6,9	80,1
9	2003	5,2	6,0	15,6	8,50	5,8	4,2	3,4	7,6	4,57	4,80	8,80	6,68	81,0
10	2004	8,00	7,9	13,0	8,2	4,0	1,9	5,6	1,9	0,6	4,80	8,80	6,68	71,5
11	2005	3,0	6,0	13,7	11,4	11,7	2,8	4,0	4,1	4,57	4,80	8,80	6,68	81,5
12	2006	6,6	6,6	13,7	7,9	9,9	4,9	4,3	6,4	4,57	4,80	8,80	6,68	85,1
13	2007	5,9	8,7	13,7	6,3	8,1	5,1	2,5	6,4	4,57	4,80	8,80	6,68	81,4
Media		7,38	7,61	9,85	8,71	7,2	5,31	4,91	5,3	4,52	4,8	8,8	6,68	81,1
Mínima		2,96	2,65	1,45	5,8	1,26	1,91	2,45	0,6	0,65	3,1	8,8	2,2	33,8
Máxima		11,81	19,18	15,59	11,40	11,71	7,90	6,80	9,84	7,40	6,50	8,80	11,70	128,6

Media														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**SUMA**
1	**1995**	17,4	17,6	17,1	17,2	17	17,1	16,4	16,7	17	17,2	16,2	15,9	**202,8**
2	**1996**	16,3	16	16,2	16,2	16,6	16,1	15,9	16,3	16,7	16,1	16,4	16,3	**195,1**
3	**1997**	15,8	16,4	17,2	16,9	17,1	16,2	16,6	17	16,4	16,8	16,3	17,7	**200,4**
4	**1998**	16,9	17,7	17,2	17	**17,5**	16,6	16	15,3	15,1	15,1	17,1	15,7	**197,2**
5	**1999**	15,6	15,6	**16,1**	16,2	15,6	15,6	15,2	15,5	15,8	16,1	17	16,1	**190,4**
6	**2000**	15,8	15,4	15,7	15,9	**15,8**	**15,9**	15,1	16	16	16,7	16,4	16,1	**190,8**
7	**2001**	**15,8**	**16,5**	**16,3**	**17,1**	**16,9**	**16,9**	**16,2**	**16,36**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**17,14**	**198,6**
8	**2002**	**16,5**	17,2	17,4	17,2	17,6	16,9	12,8	17,7	17,9	**16,33**	17,1	17,2	**201,8**
9	**2003**	**16,6**	**17,3**	**16,9**	**16,6**	**17,0**	**16,1**	**16,2**	**16,3**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**16,7**	**199,1**
10	**2004**	**16,3**	**16,6**	**17,5**	**16,8**	**17,0**	**17,6**	**16,0**	**16,2**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**16,5**	**199,9**
11	**2005**	**16,4**	**16,8**	**16,2**	**17,0**	**16,6**	**16,8**	**16,3**	**16,4**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**16,0**	**198,0**
12	**2006**	**16,1**	**16,6**	**16,3**	**16,3**	**16,9**	**16,2**	**16,3**	**16,4**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**16,5**	**197,0**
13	**2007**	**16,5**	**16,4**	**16,5**	**16,3**	**16,6**	**16,5**	**15,9**	**16,2**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**15,7**	**196,0**
Media		**16,31**	**16,63**	**16,66**	**16,67**	**16,8**	**16,5**	**15,76**	**16,34**	**16,41**	**16,33**	**16,64**	**16,42**	**197,5**
Mínima		**15,6**	**15,4**	**15,7**	**15,9**	**15,6**	**15,6**	**12,8**	**15,3**	**15,1**	**15,1**	**16,2**	**15,7**	**184,0**
Máxima		**17,40**	**17,70**	**17,51**	**17,20**	**17,60**	**17,61**	**16,60**	**17,70**	**17,90**	**17,20**	**17,10**	**17,70**	**209,2**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO 22.4. SERIES DE DATOS DE TEMPERATURAS PARA LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA TOLA

Máxima														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	SUMA
1	**1995**	23,8	24,4	23,1	22,5	22,5	23	22,8	23,2	23,7	23,3	21,8	22,1	**276,2**
2	**1996**	20,7	21	21,2	22,1	21,6	21,8	22,2	22,9	23,6	22,6	23,7	22,9	**266,3**
3	**1997**	21,5	22,6	22,6	22,2	22,9	22,7	23	23,9	24	23,9	21,9	23,3	**274,5**
4	**1998**	24,5	23,6	23	22,6	22,3	22,5	22,5	23,3	24,2	23,9	22,7	23,4	**278,5**
5	**1999**	21,4	20,6	21,7	21,8	21,7	21,9	23,4	23,8	22	22,6	22,8	20,5	**264,2**
6	**2000**	20,5	20,6	20,7	21	20,7	21,7	22,4	22,4	22,4	23,6	23	22,4	**261,4**
7	**2001**	21,4	22,8	21,6	23,4	23,2	23,5	23,4	23,4	23,6	25,2	23,3	23,4	**278,2**
8	**2002**	23,8	23,3	22,7	22	23	21,7	23,8	22,9	24,7	23,3	22	22,8	**276**
9	**2003**	23,9	23,5	22,5	22,8	23,3	22,2	23,4	24,4	24,3	23,5	23	22,6	**279,4**
10	**2004**	23,5	23,5	24,4	22,8	22,8	23,3	23	23,4	23,5	23,1	23	23,1	**279,4**
11	**2005**	23,4	22,6	21,4	23,2	23,4	23,3	23,9	24	24,4	23	23,3	21,6	**277,5**
12	**2006**	22,2	23	22,6	22,3	23,6	22,5	23,1	24	24,7	24,4	22,1	23	**277,5**
13	**2007**	24	23,3	22,5	22,1	22,4	22,5	24,3	23,6	24	22,8	22,5	21,5	**275,5**
Media		**22,66**	**22,68**	**22,31**	**22,37**	**22,57**	**22,51**	**23,17**	**23,48**	**23,78**	**23,48**	**22,7**	**22,51**	**274,22**
Mínima		**20,5**	**20,6**	**20,7**	**21**	**20,7**	**21,7**	**22,2**	**22,4**	**22**	**22,6**	**21,8**	**20,5**	**256,7**
Máxima		**24,5**	**24,4**	**24,4**	**23,4**	**23,6**	**23,5**	**24,3**	**24,4**	**24,7**	**25,2**	**23,7**	**23,4**	**289,5**

Mínima														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	SUMA
1	**1995**	9,7	9,3	10,4	11	10,1	10,1	9,2	8,7	8,4	9,9	10,6	8,5	**115,9**
2	**1996**	10,6	10,8	10,9	10,5	10,3	9,7	7,9	8,4	8,8	9,9	7,6	9,2	**114,6**
3	**1997**	10,2	9,9	10,8	10,3	10,1	8,8	9	9,1	9,4	10,4	11,4	10,6	**120**
4	**1998**	10,7	11,7	11,7	12,4	10,7	10,5	9,6	9,3	8,6	9,2	11	9	**124,4**
5	**1999**	11,2	10,9	10,5	11	9,9	9,3	8,3	7,4	9,2	9,7	10,9	11,1	**119,4**
6	**2000**	10,6	9,8	10,7	11	10,7	9,4	8,4	8,6	8,9	9,1	8,8	8,7	**114,7**
7	**2001**	9,2	9,7	10,4	10,4	10,4	9,6	8,6	9,1	9,5	9,9	10,2	11,3	**118,3**
8	**2002**	10	10,5	10,9	10,8	10,9	10,4	9	8,9	9	9,9	10,4	10,7	**121,4**
9	**2003**	9,4	10,5	9,5	10	9,9	9,2	7,3	7,6	8,9	10,2	10,1	9,5	**112,1**
10	**2004**	7,5	9	9,9	10,1	10,1	8,9	8,8	9,2	9	10,1	10,5	9,6	**112,7**
11	**2005**	8,8	10	9,8	10,5	8,6	9,3	7,7	8,1	8,6	9,3	8,6	9,5	**108,8**
12	**2006**	9,8	9,9	9,8	9,8	9,6	8,6	7,9	8,5	8,2	8,8	10,6	10	**111,5**
13	**2007**	9,6	8	9,8	10,4	10,2	9,7	6,7	8,3	8	9	9,5	9,2	**108,4**
Media		**9,79**	**10**	**10,39**	**10,63**	**10,12**	**9,5**	**8,34**	**8,55**	**8,81**	**9,65**	**10,02**	**9,76**	**115,56**
Mínima		**7,5**	**8**	**9,5**	**9,8**	**8,6**	**8,6**	**6,7**	**7,4**	**8**	**8,8**	**7,6**	**8,5**	**99**
Máxima		**11,2**	**11,7**	**11,7**	**12,4**	**10,9**	**10,5**	**9,6**	**9,3**	**9,5**	**10,4**	**11,4**	**11,3**	**129,9**

Media														
N°	**AÑOS**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGT**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	SUMA
1	**1995**	16,2	16,1	15,9	16,1	15,7	15,9	15,4	15,5	15,9	15,8	15,3	14,7	**188,5**
2	**1996**	14,9	15	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	15,4	15,9	15,2	15,4	15,6	**183,6**
3	**1997**	15	15,9	16,2	15,8	16,1	15,5	16,7	16,9	16,5	16,4	15,9	16,8	**193,7**
4	**1998**	17,3	17	16,7	16,7	16,4	16	15,8	16,1	16,1	15,8	15,9	15,7	**195,5**
5	**1999**	15,4	14,9	15,1	15,5	15,1	14,9	15,6	15,4	14,5	15,2	15,7	14,8	**182,1**
6	**2000**	14,7	14,4	14,8	15	14,9	15,1	14,9	15,3	14,6	15,9	15,4	15	**180**
7	**2001**	14,6	15,6	15,3	16,3	15,9	16	15,7	16,2	15,6	16,6	15,9	16,4	**190,1**
8	**2002**	16	16,2	16,1	15,7	16,6	15,9	16,1	15,9	16,4	15,9	15,4	16	**192,2**
9	**2003**	16,2	16,4	15,9	15,7	16	15,3	15,7	16,3	16,1	16,1	16	15,8	**191,5**
10	**2004**	15,5	15,7	16,6	15,9	16	16,6	15,5	16,4	15,6	15,7	16	15,6	**191,1**
11	**2005**	15,8	15,9	15,2	16,2	15,6	15,9	15,9	15,9	16	15,4	15,4	15	**188,2**
12	**2006**	15,2	15,7	15,3	15,2	15,9	15,4	15,8	16,2	15,8	15,8	15,4	15,6	**187,3**
13	**2007**	16	15,5	15,5	15,3	15,6	15,6	15,4	15,4	16	15	15,1	14,6	**185**
Media		**15,6**	**15,72**	**15,68**	**15,75**	**15,78**	**15,64**	**15,66**	**15,92**	**15,77**	**15,75**	**15,6**	**15,51**	**188,38**
Mínima		**14,6**	**14,4**	**14,8**	**15**	**14,9**	**14,9**	**14,9**	**15,3**	**14,5**	**15**	**15,1**	**14,6**	**178**
Máxima		**17,3**	**17**	**16,7**	**16,7**	**16,6**	**16,6**	**16,7**	**16,9**	**16,5**	**16,6**	**16**	**16,8**	**200,4**

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.

ANEXO N° 23

LISTADO DE ECUACIONES CARACTERÍSTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

ANEXO 23.1. LISTADO DE ECUACIONES CARACTERÍSTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO JATUNHUAYCO.

RESUMEN ECUACIONES DE TEMPERATURAS								
MÁXIMAS	**ENERO**	y = -0,0135x + 57,692	**MEDIAS**	**ENERO**	y = -0,0063x + 31,22	**MÍNIMAS**	**ENERO**	y = -0,0025x + 14,568
	FEBRERO	y = -0,0111x + 50,878		**FEBRERO**	y = -0,0068x + 32,578		**FEBRERO**	y = -0,003x + 15,868
	MARZO	y = -0,0108x + 49,834		**MARZO**	y = -0,007x + 33,131		**MARZO**	y = -0,0042x + 20,154
	ABRIL	y = -0,0103x + 48,499		**ABRIL**	y = -0,0069x + 32,781		**ABRIL**	y = -0,0035x + 17,959
	MAYO	y = -0,011x + 50,691		**MAYO**	y = -0,0069x + 32,931		**MAYO**	y = -0,0021x + 13,474
	JUNIO	y = -0,0113x + 51,307		**JUNIO**	y = -0,0075x + 34,263		**JUNIO**	y = -0,0008x + 9,1959
	JULIO	y = -0,0135x + 57,692		**JULIO**	y = -0,0073x + 33,459		**JULIO**	y = -0,001x + 8,8015
	AGOSTO	y = -0,0123x + 54,466		**AGOSTO**	y = -0,0077x + 34,765		**AGOSTO**	y = -0,0017x + 10,936
	SEPTIEMBRE	y = -0,0118x + 53,29		**SEPTIEMBRE**	y = -0,0074x + 33,959		**SEPTIEMBRE**	y = -0,0009x + 8,6106
	OCTUBRE	y = -0,0104x + 49,684		**OCTUBRE**	y = -0,0063x + 31,212		**OCTUBRE**	y = -0,0003x + 7,6082
	NOVIEMBRE	y = -0,0095x + 46,566		**NOVIEMBRE**	y = -0,0064x + 31,544		**NOVIEMBRE**	y = -0,0036x + 17,895

RESUMEN ECUACIONES DE TEMPERATURAS								
	DICIEMBRE	y = -0,0102x + 48,376		**DICIEMBRE**	y = -0,0066x + 31,941		**DICIEMBRE**	y = -0,0019x + 12,563

FUENTE: INAMHI, 2012; EPN, 2015.

ELABORADO POR: Rojas, D., 2018.