

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS INTEGRAL DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO AMBATO,
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS,
COMPLEMENTADAS CON VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS, PARA LA
GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE GESTIÓN**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN AMBIENTAL**

**EDISON XAVIER CARVAJAL PARRA
maygua_xc@yahoo.com**

DIRECTOR: DRA. ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR

Quito, Enero 2017

DECLARACIÓN

Yo, Edison Xavier Carvajal Parra 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 normativa institucional vigente.

Edison Xavier Carvajal Parra

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Lic. Edison Xavier Carvajal Parra, bajo mi supervisión.

Dra. Ana Lucia Balarezo Aguilar
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por el brindarme la fuerza necesaria para salir adelante durante todo este proceso académico.

A la Dra. Ana Lucia Balarezo Aguilar un profundo agradecimiento por brindarme su apoyo para la ejecución de este proyecto.

Al Ing. César Narvárez y MSc. Bernardo Castro por los aportes realizados en la elaboración del presente estudio.

Agradezco a las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, por el auspicio del presente proyecto y a quienes me ayudaron para que este se concrete: Ing. Diana Fiallos, Ing. David López, Ing. Andrea Escobar, Blgo. Mauricio Vargas, Ing. Diego Sánchez, Dr. Carlos Núñez y al Sr. Orlando Vargas.

Agradezco también a los técnicos de las Direcciones de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), a la Secretaría del Agua (SENAGUA)

Un profundo agradecimiento y respeto a todos mis profesores cuyas enseñanzas sirvieron para ejecutar este proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto les dedico a mis hijos Santiago Xavier, Renata Sofía son la razón de mi vida.

A mi madre por sus palabras de amor y aliento.

A mis hermanos Hernán, Fredy, Jonathan por sus palabras de apoyo.

A las Ciencias Biológicas, por hacerme comprender lo bello de la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
PRESENTACIÓN.....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 HIPÓTESIS.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS MACRO-INVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	3
2.2 RELACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA CON LA MACROFAUNA ACUÁTICA.....	4
2.3 CONCEPTO DE INDICADOR BIOLÓGICO.....	5
2.4 PRINCIPIOS DE LA BIOINDICACIÓN.....	6
2.5 UTILIDAD DE LOS BIOINDICADORES.....	7

2.6 MONITOREOS BIOLÓGICOS.....	9
2.7 IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES BIOLÓGICOS EN MONITOREOS	9
2.8 ÍNDICES RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL AGUA.....	10
2.8.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA.....	11
2.8.2 ANÁLISIS EPT.....	12
2.8.3 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA “BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY” (BMWP).....	13
2.8.4 CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS.....	13
2.9 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN HORTON.....	15
CAPÍTULO 3.....	16
DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO AMBATO.....	16
3.1 LOCALIZACIÓN.....	16
3.2 ASPECTOS FÍSICOS.....	18
3.2.1 CLIMA.....	18
3.2.2 RECURSOS HÍDRICOS.....	19
3.2.3 SUELOS.....	20
3.2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	21
3.3 ASPECTOS BIÓTICOS.....	21
3.3.1 FLORA.....	21
3.3.2 FAUNA.....	22
3.3.3 PATRIMONIO NATURAL DEL CANTÓN AMBATO.....	22
3.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS-CULTURALES.....	23
3.4.1 POBLACIÓN Y DENSIDAD DE POBLACIÓN.....	24
3.4.2 EDUCACIÓN.....	24
3.4.3 MIGRACIÓN.....	25
3.4.4 SALUD.....	25
3.4.5 VIVIENDA.....	25

3.4.6 ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	26
3.4.7 RED DE ALCANTARILLADO.....	26
3.4.8 DESECHOS SÓLIDOS.....	26
3.4.9 SECTOR AGROPECUARIO E INDUSTRIAL.....	27
3.4.10 TURISMO.....	27
3.4.11 RED VIAL.....	28
3.5 SISTEMA POLÍTICO INSTITUCIONAL.....	28
3.6 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO ACTUAL DEL SUELO.....	29
3.6.1 PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO.....	29
3.6.2 USO ACTUAL DEL SUELO.....	29
3.7 RIESGOS NATURALES.....	30
3.8 MARCO LEGAL.....	31
3.9 PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO AMBATO.....	33
3.9.1 PROCESO DE URBANIZACIÓN.....	33
3.9.2 DINÁMICA POBLACIONAL.....	33
3.9.3 CAMBIOS DE USO DE SUELO.....	34
3.9.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	34
3.9.5 CONCESIONES DEL AGUA.....	38
3.10 CALIDAD DE AGUA.....	38
3.10.1 FASE DE CAMPO.....	39
3.10.2 FASE DE LABORATORIO.....	41
3.10.3 SELECCIÓN DE INDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA.....	42
3.10.4 ANÁLISIS DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICO..	43
CAPITULO 4.....	44
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44

4.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO AMBATO DURANTE LOS MESES DE MUESTREO.....	44
4.2 RESULTADOS DE LA CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	44
4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS.....	46
4.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	53
4.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	67
4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	81
4.4.1 CONDUCTIVIDAD (K).....	82
4.4.2 SÓLIDOS TOTALES (SST).....	82
4.4.3 TEMPERATURA DEL AGUA (T°).....	82
4.4.4 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).....	82
4.4.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅).....	82
4.4.6 SULFATOS (SO ₄).....	83
4.4.7 CLORUROS (Cl ⁻).....	83
4.4.8 ALCALINIDAD.....	83
4.4.9 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	83
4.4.10 METALES PESADOS (Fe, Cu, Cr ⁺⁶), S ⁻ Y SSED.....	84
4.5 RESULTADO DEL ICA HORTON.....	84
4.5.1 PERIODO DE SEQUÍA.....	84
4.5.2 PERÍODO DE LLUVIAS.....	85
4.6 DETERMINACIÓN DE CORRELACIÓN ENTRE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS DE LAS AGUA DEL RÍO AMBATO.....	86

4.6.1 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	86
4.6.2 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	86
4.6.3 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	86
4.6.4 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO. PERÍODO DE LLUVIA.....	88
4.6.5 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	88
4.6.6 CORRELACIONES CANÓNICAS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS-ABIÓTICOS EN LA MICROCUENCA BAJA, PERÍODO DE LLUVIA.....	89
4.7 ROL INSTITUCIONAL.....	91
4.8 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE.....	92
4.9 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL.....	93
4.9.1 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA ALTA DE RÍO AMBATO.....	93
4.9.2 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO.....	94
4.9.3 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO.....	95
4.10 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS DE CONTAMINACIÓN Y POTENCIAL USO DEL AGUA.....	100
4.11 CONFLICTOS SOCIALES EN EL USO DEL SUELO.....	102
4.12 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	103

4.13 PROPUESTAS DE GESTIÓN MANEJO PARA LA DISMINUCIÓN DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO AMBATO.....	106
4.13.1 OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL RECURSO AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	107
4.13.2 PROPUESTA II: DISMINUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO AMBATO.....	108
4.13.2 RESTAURACIÓN Y MONITOREO DE LOS ECOSISTEMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	109
4.13.3 CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA A LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO Y GENERACIÓN DE COMPROMISO AMBIENTALES: INSTRUMENTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	114
4.13.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA OFERTA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO: INSTRUMENTOS ECONÓMICOS.....	116
CAPÍTULO 5.....	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1 CONCLUSIONES.....	117
5.2 RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1:UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO 2015-2016.....	17
TABLA 3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	18
TABLA 3.3: USO DEL SUELO EN EL CANTÓN AMBATO.....	30
TABLA 3.4 MARCO LEGAL EN RELACIÓN AL CUIDADO Y CONTROL DEL COMPONENTE AGUA EN EL CANTÓN AMBATO.....	32
TABLA 3.5 CRECIMIENTO POBLACIONAL DEL CANTÓN AMBATO.....	33
TABLA 3.6: ZONAS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE AMBATO, 2016.....	36
TABLA 3.7: INVENTARIO y UBICACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN AMBATO, 2016..	37
TABLA 4.1: CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA DEL RÍO AMBATO EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	45
TABLA 4.2: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	56
TABLA 4.3: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	61
TABLA 4.4: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	65
TABLA 4.5: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	70

TABLA 4.6: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	75
TABLA 4.7: COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	79
TABLA 4.8: CONCENTRACIONES DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO 2015-2015.....	96
TABLA 4.9: CUMPLIMIENTOS DE LA NORMATIVA AMBIENTAL PARA LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS DURANTE EL PERÍODO DE SEQUÍA.....	97
TABLA 4.10: CUMPLIMIENTOS DE LA NORMATIVA AMBIENTAL PARA LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS DURANTE EL PERÍODO DE LLUVIA.....	97
TABLA 4.11: CLASIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DE SUS AGUAS.....	101
TABLA 4.12: CLASIFICACIÓN DEL USO DEL AGUA DEL RÍO AMBATO PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1. MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO, 2015-2016.....	17
FIGURA 3.2. MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO, 2016.....	20
FIGURA 3.3. SUPERFICIE DE ECOSISTEMAS PRESERVADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	23
FIGURA 3.4. APLICACIÓN DEL MÉTODO <i>KICK SAMPLING</i>	40
FIGURA 4.1. CAUDAL RÍO AMBATO, DURANTE LOS MESES DE MUESTREO 2015-2016.....	45
FIGURA 4.2. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	56
FIGURA 4.3. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	57
FIGURA 4.4. VALORES DE EPT REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	57
FIGURA 4.5. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	58
FIGURA 4.6. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	61
FIGURA 4.7. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	62
FIGURA 4.8. VALORES DE EPT REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	62
FIGURA 4.9. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	63
FIGURA 4.10. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	66

FIGURA 4.11. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	66
FIGURA 4.12. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016.....	67
FIGURA 4.13. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	71
FIGURA 4.14. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	71
FIGURA 4.15. VALORES DE EPT REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	72
FIGURA 4.16. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	72
FIGURA 4.17. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	75
FIGURA 4.18. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	76
FIGURA 4.19. VALORES DE EPT REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	76
FIGURA 4.20. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	77
FIGURA 4.21. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	79
FIGURA 4.22. ÍNDICES ECOLÓGICOS REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	80
FIGURA 4.23. VALORES DE BMWP/COL REGISTRADOS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.....	80

FIGURA 4.24. INTERPRETACIÓN DEL ICA DE HORTON PARA TRES PUNTOS DE MUESTREO EN EL PERÍODO DE SEQUÍA Y LLUVIA 2015-2016.....	85
FIGURA 4.25. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	87
FIGURA 4.26. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	87
FIGURA 4.27. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO.....	88
FIGURA 4.28. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	89
FIGURA 4.29. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	90
FIGURA 4.30. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	90
FIGURA 4.31. PRESENCIA DE GANADO EN LAS RIBERAS DEL RÍO AMBATO.....	98
FIGURA 4.32. CONSTRUCCIÓN DE CANALES DE FUENTES TRIBUTARIAS A LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.....	98
FIGURA 4.33. PÉRDIDA DEL CUADAL DEL RÍO AMBATO EN LA MICROCUENCA MEDIA, DURANTE EL PERÍODO DE SEQUÍA.....	99
FIGURA 4.34. ESTADO DEL CAUDAL DEL RÍO AMBATO EN LA MICROCUENCA BAJA.....	99
FIGURA 4.35. CONFLICTOS SOCIALES EN EL USO DEL SUELO.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1. DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN PEDRO FERMÍN CEVALLOS PARA EL PERÍODO 1978-2015.....	126
ANEXO N° 2. DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN DE LA ESTACIÓN CALAMACA PARA EL PERÍODO 1988-2015.....	126
ANEXO N° 3. ECOSISTEMAS REMANENTES EN EL CANTÓN AMBATO...	127
ANEXO N° 4. ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL CANTÓN AMBATO, 2010.....	127
ANEXO N° 5. TIPOS DE TRATAMIENTO A LOS DESECHOS GENERADOS EN EL CANTÓN AMBATO, 2010.....	128
ANEXO N° 6. OCUPACIÓN DE POBLACIÓN DE AMBATO POR RAMA DE ACTIVIDAD, 2010.....	128
ANEXO N° 7. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN AMBATO.....	129
ANEXO N° 8. CONCESIONES DE AGUA EXISTENTES DESDE LAS NACIENTES DEL RÍO AMBATO HASTA EL PUNTO DE UNIÓN CON EL RÍO PACHANLICA.....	130
ANEXO N° 9.a. OBTENCIÓN DE PUNTUACIONES DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS.....	131
ANEXO N° 9.b. INTERPRETACIÓN DE PUNTUACIONES DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS.....	131
ANEXO N° 10.a. PESO ASIGNADO DE C_i Y P_i , DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO Y TABLA DE INTERVALOS PARA PARA CALCULAR EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE HORTON.....	132
ANEXO N° 10.b INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES DEL ICA PARA LA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA	132
ANEXO N° 11. DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS OBTENIDOS EN EL PERÍODO DE SEQUÍA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO 2015-2016.....	133
ANEXO N° 12. DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS OBTENIDOS EN EL PERÍODO DE LLUVIA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO 2015-2016.....	134
ANEXO N° 13. FOTOGRAFÍAS.....	135
FOTOGRAFÍA N° 1. MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE SEQUÍA.....	136

FOTOGRAFÍA N° 2. MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE SEQUÍA.....	136
FOTOGRAFÍA N° 3. MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE SEQUÍA.....	137
FOTOGRAFÍA N° 4. MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	137
FOTOGRAFÍA N° 5. MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	138
FOTOGRAFÍA N° 6. MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA.....	138
FOTOGRAFÍA N° 7. COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS.....	139
FOTOGRAFÍA N° 8. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.....	139
FOTOGRAFÍA N° 9. MACROINVERTEBRADOS FAMILIA BAETIDAE Y BLEPHARICERIDAE.....	140
FOTOGRAFÍA N° 10. MACROINVERTEBRADOS FAMILIA CHIRONOMIDAE Y SIMULIIDAE.....	140
FOTOGRAFÍA N° 11. MACROINVERTEBRADOS FAMILIA GRIPOPTERYGIDAE Y ELMIDAE.....	141
FOTOGRAFÍA N° 12. MACROINVERTEBRADOS FAMILIA HYALELLIDAE E HYDROBIOSIDAE.....	141
FOTOGRAFÍA N° 13. MACROINVERTEBRADOS FAMILIA DUGESIIDAE Y TUBIFICIDAE.....	142

PRESENTACIÓN

Los bosques y los páramos del Ecuador son la principal fuente de producción de agua superficial, dando origen a la formación de cuencas hidrográficas las cuales desde tiempos inmemoriales han servido para satisfacer las necesidades humanas, sin embargo la sobre explotación de estas áreas, producidas por la actividad ganadera y agrícola así como la deforestación y avance de la zona urbana ha provocado que la calidad y cantidad de agua descienda considerablemente, afectando a toda la población que depende de este recurso.

Frente a esta problemática los gobiernos de turno se han visto en la necesidad de crear varios mecanismos para poder manejar este recurso, por lo que se han generado leyes y ordenanzas para controlar principalmente los problemas de contaminación que sufre el agua por las diferentes actividades.

La mayoría de técnicas de monitoreo desarrolladas a nivel mundial para controlar la calidad de agua, se han centrado exclusivamente en la utilización de parámetros físico-químicos, no obstante estos resultados no podrían generar datos que faciliten la interpretación del estado ecológico de un cuerpo de agua, ya que la calidad de la misma depende mucho de las interrelaciones existentes entre los componentes bióticos con los abióticos, es decir que la relación entre la diversidad de especies que habitan un ecosistema acuático dependerá de la concentración de las variables físico-químicas y de esta relación se podrá obtener un índice de calidad del agua. Esta información es de mucha utilidad ya que dependiendo de los resultados de calidad se podrán dar categorías de uso.

EL Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato (GADMA) ha realizado el análisis de las aguas del río Ambato mediante la aplicación de parámetros físico-químicos, ubicando nueve sitios de muestreo, distribuidos en la microcuenca alta, media y baja del río, sin embargo no ha incluido en sus análisis indicadores biológicos.

Por tal razón, este trabajo realizó la investigación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos existentes en los puntos de muestreo que tiene la Municipalidad, obteniendo datos de índices de diversidad y abundancia.

Con la identificación de estas especies, se pudo aplicar índices de calidad biótica empleando las metodologías de diversidad y abundancia, “Biological Monitoring Working Party” para Colombia (BMWP/Col) e índices EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera),

Para los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos, se aplicó el Índice de Calidad de Agua propuesta por H. K. Horton, (1965), además se comparó las concentraciones que tienen cada una de estas variables con los límites permisibles establecidos en la reforma del Libro VI, Anexo I, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (2015).

Con la obtención de estos datos se pudo analizar las relaciones que existen entre las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros físico-químico y su influencia en la calidad del agua, en cada uno de los puntos de muestreo, durante los períodos de sequía y lluvia.

RESUMEN

En este estudio se realizó el análisis integral de la calidad de agua del río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos complementados con parámetros físico-químicos, en nueve sitios de monitoreo que tiene la Municipalidad de Ambato, distribuidos en la microcuenca del río, durante los meses de octubre de 2015 hasta abril de 2016, abarcando períodos de sequía y lluvia.

Para el análisis biótico, se colectaron 7,399 macroinvertebrados durante el período de sequía y 2,990 para el de lluvia, identificándolos hasta nivel de género; y para el análisis abiótico se tomaron muestras de agua determinando la concentración de 15 parámetros de calidad, unos en campo y otros en gabinete; además se registró las condiciones hidromorfológica de los sitios de muestreo.

A los datos bióticos obtenidos se aplicó índices ecológicos de diversidad, dominancia, riqueza y equitatividad e índices de calidad de agua biológicos como EPT y BMWP/Col, para los datos abióticos se utilizó el índice de calidad de agua de Horton.

Los índices biótico y abiótico indicaron que la mejor calidad de agua se encuentra en la microcuenca alta, presentando una diversidad media-baja, valores de BMWP/Col entre 43 a 111 y Horton de 63.3 a 93.8; y la mayor contaminación se registró en la microcuenca baja, presentando una diversidad baja, valores de BMWP/Col entre 3 a 9 y Horton de 26.7 a 32.7.

Las correlaciones entre los componentes bióticos y abióticos, indican que las concentraciones medias en ciertas variables físico-químicas como: DBO_5 (97.6 mg/l); DQO (214 mg/l) y Cl^- (43 mg/l), inciden negativamente en las comunidades de macroinvertebrados, principalmente en las microcuencas media y baja, durante los dos períodos.

Con los resultados obtenidos se establecieron cuatro propuestas de gestión para que la Municipalidad de Ambato, disminuya los niveles de contaminación y recupere la calidad de agua del río objeto de estudio.

ABSTRACT

In this study, the quality of water of Ambato River was analyzed, using biological and physic-chemical indicators at nine monitoring sites, defined by the Municipality of Ambato along the basin of this river, from October 2015 to April 2016, including drought and rainy seasons.

For biotic analysis 7,399 invertebrate samples were collected during the drought season and 2,990 samples during rainy season. These were taxonomically classified to genus level. For abiotic analysis 15 water-quality parameters were analyzed, both in laboratory and in situ. Additionally, hydromorphological conditions at the sampling sites were also determined.

Ecological indexes of diversity, dominance, richness and equitability, as well as biological indicators such as EPT and BMWP/Col. For abiotic parameters Horton's quality index was assessed.

As result, biotic and abiotic indicators showed that best quality of water was found at the upper river basin, exhibiting a mid-low diversity, BMWP/Col values from 43 to 111 and Horton's index values from 63.3 to 93.8. The highest contamination was found at the lower basin, showing a low diversity BMWP/Col values from 3 to 9 and Horton's index from 26.7 to 32.7.

Correlation among biotic and abiotic factors, indicate that concentration of certain physic-chemical parameters; such as DBO_5 (97.6 mg/l); DQO (214 mg/l) y Cl^- (43 mg/l), are negatively affecting macroinvertebrate communities in upper and lower basins, during both periods.

As result, four management proposals were established, for its implementation by the Municipality of Ambato, in order to diminish contamination levels and recover the quality of water of Ambato River.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

La contaminación de los recursos hídricos y la degradación de los ecosistemas asociados a ellos, es uno de los principales problemas que afecta al desarrollo de la sociedad, ya que la demanda para satisfacer las necesidades de una comunidad, su mal uso y la contaminación del recurso agua, ha provocado la disminución de cantidad y calidad de este recurso, produciendo efectos negativos en la salud del hombre y su ambiente.

En el Ecuador es considerado como una problemática grave dentro del área ambiental ya que la mayoría de cuerpos de aguas han sido utilizados para descargar desechos procedentes de los sistemas recolectores de aguas servidas de centros urbanos e industriales, áreas de explotación minera, procesamiento de hidrocarburos y productos agrícolas, entre otros, lo que ha provocado alteraciones químicas y biológicas del agua. A este problema de contaminación se suman otras actividades como la deforestación en las cuencas altas y el desbroce de la cobertura vegetal en las riberas de los ríos.

En la ciudad de Ambato la cuenca del río principal, recibe las descargas procedentes del área urbana y de las actividades industriales (curtiembres, mecánicas, entre otras) sin ningún tipo de tratamiento por lo que se han producido alteraciones graves en la calidad de agua.

Frente a este problema ambiental, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato implementa, en el año 2012, la Agenda Ambiental del cantón, enfocando la problemática de la calidad del río Ambato en su perfil de proyecto 1.3,

planteando el Sistema de Seguimiento de la Calidad del Agua de los cauces receptores, utilizando indicadores de contaminación GADMA (2012).

1.2 HIPÓTESIS

- El uso de bioindicadores, mostrarán resultados similares a los parámetros físico-químicos del agua, en cuanto a la determinación de la calidad del agua del río Ambato.
- Las interrelaciones entre las comunidades de macroinvertebrados con los parámetros abióticos permiten establecer índices de calidad de agua.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad de agua del agua del río Ambato, en nueve sitios de monitoreo, utilizando indicadores biológicos complementados con variables físico-químicas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y describir su variabilidad espacial en el río Ambato en los nueve puntos de muestreo que posee el Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato.
- Determinar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados en dos épocas climáticas en cuanto a la composición, abundancia, diversidad, riqueza y equitatividad.
- Determinar la relación de las variables físico-químicas obtenidas por el GAD Municipalidad de Ambato, con los valores obtenidos de los bioindicadores en periodo de sequía y en periodo de lluvias, en los nueve sitios de muestreo.
- Identificar los puntos que presentan mayor índice de contaminación y establecer su grado de incidencia en los componentes sociales y ambientales.
- Establecer propuestas de manejo para disminuir los índices de contaminación en la cuenca del río Ambato.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Según Oscoz (2009), macroinvertebrados son aquellos organismos que en algún momento de su ciclo de vida permanecen en hábitats acuáticos, y que son retenidos por mallas de luz entre 200 y 500 μm , siendo lo suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de utilizar equipos de aumento. Esto comprende una gran cantidad de especies de distintos Phyla como los anélidos, moluscos, platelmintos, nemátodos y artrópodos. La mayoría de estas especies se encuentran asociadas a sedimentos del río conocidas como macroinvertebrados bentónicos. Los macroinvertebrados tienen gran importancia dentro de los ecosistemas acuáticos, tanto por su papel en la transformación de materia orgánica en el medio, como por representar una importante fuente de alimentación para organismos superiores. Además, los macroinvertebrados son considerados indicadores biológicos del estado ecológico de los sistemas acuáticos, ya que son sensibles a las distintas alteraciones físicas y/o químicas del medio.

De acuerdo a Esteves (1998), por su tamaño los organismos acuáticos se clasifican en: microbento dentro de la cual se encuentran los protozoarios, los rotíferos y los gastrotriqueos cuyo tamaño máximo es de 0,3 mm; mesobento o meibento, comprende organismos con un tamaño entre los 0,3 y 0,8 mm, entre estos se encuentran los harpacticoides, ostrácodos, nematoides y pequeños anélidos y macrobento que agrupa a organismos con tamaños entre 1 y 2 mm, dentro de estos se encuentran moluscos, anélidos, larvas de insectos y crustáceos como anfípodos e isópodos. También se han realizado clasificaciones según el ciclo de vida, alimentación, mecanismos y estructuras que cada organismo posee para la obtención de su

alimento, en este caso pueden ser herbívoros, omnívoros, carnívoros, detritívoros, micróvoros y macróvoros.

2.2 RELACIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA CON LA MACROFAUNA ACUÁTICA

Algunos investigadores como Roldán (1992), Domínguez & Fernández (2009), indican la influencia que tienen ciertos factores físico-químicos sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como: velocidad de la corriente, la temperatura del agua y la disponibilidad de oxígeno, estos suelen ser los más determinantes en la distribución del hábitat acuático de estos organismos.

Según Rivera (2004), las concentraciones de oxígeno suelen ser altas y constantes en los ríos andinos, por lo que éste no es un factor limitante para las comunidades acuáticas. A pesar de que los sistemas lénticos y lóticos presentan grandes diferencias en cuanto a la dinámica, las características de velocidad de la corriente y el flujo direccional, confiere otros atributos a los cuales las comunidades deben adaptarse, existiendo evidencias de que en ambos ambientes los factores físicos y químicos alteran a las comunidades de macroinvertebrados.

Hawker (1980) y Roldán, (1992), Indican que la turbidez, el color y los sólidos suspendidos, del agua, afecta a los organismos que requieren directamente de las plantas acuáticas para su alimentación, ya que estos factores reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria. La turbidez afecta la relación depredador-presa, dificultando la visualización de la presa y los sólidos suspendidos atrofian aquellos organismos que se alimentan de microorganismos. La temperatura afecta la eclosión de los huevos y la colonización y acelera el ciclo de vida de los insectos aunque algunos son buenos tolerantes a la misma. La toxicidad aumenta la población de ciertos organismos tolerantes a esta, afectando los procesos de competencia y la depredación. Adicionalmente, el aumento de salinidad del medio acuático, en ciertos grados, es una variable de toxicidad, al igual que el pH, comportándose como un factor secundario de toxicidad.

A su vez Hawker (1980), menciona sobre estudios realizados sobre la materia orgánica y la incidencia que tiene este factor sobre los ecosistemas acuáticos, ya que ésta desestabiliza por completo el balance del sistema; la demanda de la respiración microbiana causa un gasto de oxígeno disuelto en el agua, eliminando especies no tolerantes a este factor. La mayoría de los invertebrados son sensibles a la reducción de oxígeno disuelto, de tal forma que reducen su abundancia o incluso desaparecen. Por el contrario, otros grupos toleran bien las bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Por otra parte, Hoback & Stanley (2001), indican que estos grupos presentan adaptaciones a la anoxia, con mayor cantidad de pigmentos respiratorios específicos capaces de fijar oxígeno a muy baja concentración o la capacidad de obtener energía por medio de fermentación anaerobia.

La existencia de otros factores existentes en los ecosistemas acuáticos influyen en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, según estudios de Prat & Rieradeval (1998), mencionan a la heterogeneidad de los hábitats, el tamaño del espejo de agua, el tipo de sustrato, el fitoplacton, la profundidad y la permanencia de la profundidad del mismo determine la presencia-ausencia de especies acuáticas en el hábitat.

Vinson & Hawkins (1998), mencionan que la pérdida de biodiversidad tiene severas implicaciones, como la disminución de la resiliencia y la resistencia a los disturbios, la simplificación del sistema y la pérdida de integridad ecológica.

2.3 CONCEPTO DE INDICADOR BIOLÓGICO

De acuerdo a Herbas & Gonzales (2006), todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y tiempos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquella cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más

que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora

Para Washington (1984), el concepto de organismo indicador hace referencia a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros, usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo, ya que la presencia de una especie en particular, demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones.

2.4 PRINCIPIOS DE LA BIOINDICACIÓN

Para Roldán (2003), un ecosistema acuático es el resultado de la interacción de los organismos que allí viven con la calidad fisicoquímica del agua, la atmósfera y el medio terrestre que lo rodea. Desde el punto de vista estructural todo ecosistema (acuático o terrestre), se compone de factores bióticos y abióticos, dentro de una dinámica de interrelación definida y delimitada por estos mismos como una composición dentro del ecosistema y las condiciones edafológicas. El ecosistema acuático ya sea estuario, laguna, charca estacional, embalse, río, etc., se compone de elementos que dependen de los aportes alóctonos y de la capacidad de reciclaje de materia orgánica. Entre estos se pueden nombrar factores bióticos como fitoplancton, zooplancton, bentos, neuston y neuston; dentro de los abióticos están temperatura, luz, nutrientes, pH, gases disueltos, sustrato, entre otros. La regulación poblacional es esencial en la permanencia de las especies dentro de un ecosistema establecido. De esta manera la interrelación de los factores bióticos y abióticos se define en una dinámica en la que las especies presentes juegan un papel de selección, dentro de sus propias relaciones interespecíficas e intraespecíficas

Para Arce (2006), un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático, provocará una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su

intensidad y su naturaleza. La acción puede ser indirecta (cambios en el medio) o directa (ingestión o impregnación). Los efectos sobre la fauna acuática cuando es sometida a la descarga de una sustancia tóxica, a medida que transcurre el tiempo se pasa de respuestas individuales (bioquímicas y fisiológicas) a respuestas poblacionales, comunitarias y ecosistémicas, por lo que se concluye que un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico

2.5 UTILIDAD DE LOS BIOINDICADORES

El principal uso de los bioindicadores de acuerdo a Herbas y Gonzales (2006), es la detección de sustancias contaminantes, como metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases, para establecer la calidad del agua.

En adición a esta utilización, existen otra serie de fenómenos que se pueden determinar mediante bioindicadores como:

- Saturación de oxígeno.
- Condiciones de anoxia.
- Condiciones de pH.
- Estratificación térmica y de oxígeno en la columna de agua.
- Turbulencia del agua y torrencialidad.
- Proceso de mezcla entre las capas de los cuerpos de agua (epilimnion, metalimnion e hipolimnio).
- Eutrofización natural
- Grado de mineralización del agua y presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio
- Fenómenos de sedimentación.

Tercedor (1996), propone el término calidad biológica, el cual consiste en evaluar las condiciones de calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de las comunidades de organismos, considerando que un medio acuático presenta buena calidad biológica cuando presentan características naturales óptimas para el desarrollo de las comunidades de invertebrados.

Para Roldán *et al.* (2001) y Bonada *et al.* (2006), un organismo es indicador de calidad de agua, cuando éste se encuentre invariablemente en un ecosistema, de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior al resto de los organismos con los que comparte el hábitat, por tal razón, la aplicación de macroinvertebrados acuáticos para determinar el estado de un hábitat, han sido muy aceptados como uno de los componentes más adecuados para el monitoreo biológico de los ecosistemas acuáticos

Las ventajas ecológicas que presentan los macroinvertebrados como organismo bioindicador son:

1. Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
2. Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
3. Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
4. En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
5. En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
6. Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
7. Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
8. La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
9. El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

2.6 MONITOREOS BIOLÓGICOS

De acuerdo a Rosas *et al.* (2014), el monitoreo fisicoquímico por sí solo no puede detectar el origen de las fuentes de los contaminantes, en cambio mediante un biomonitoreo, que incorpora el uso de los organismos presentes en los ecosistemas para evaluar niveles de varios tipos de contaminantes, se puede hacer una aproximación más real de las condiciones ambientales existentes, debido a que estos organismos acuáticos soportan condiciones importantes de elementos traza como Cu, Fe, Mn y Zn. Sin embargo, las concentraciones excesivas pueden producir efectos dañinos en ellos.

Para Roldán (1992), la evaluación de la calidad del ambiente, se ha desarrollado en base a la determinación de las características físicas y químicas para denotar el grado de calidad o afectación del parámetro estudiado. Por dicha razón Klemm *et al.* (1990) enfatiza la necesidad de complementar el control de la contaminación del agua con bioindicadores, ya que estos organismos tienen una alta sensibilidad a las alteraciones de su hábitat y por su respuesta rápida a los cambios en la calidad del agua.

2.7 IMPORTANCIA DE LOS INDICADORES BIOLÓGICOS EN MONITOREOS

Herbas, (2006), indica las ventajas que se obtiene al usar especies acuáticas para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos, las cuales se mencionan a continuación:

1. Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis fisicoquímicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables químicas o físicas pasan por alto.
2. La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.

3. Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.
4. Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.
5. Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar.

2.8 ÍNDICES RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL AGUA

Valcarcel *et al.* (2009), hace mención al índice de calidad de agua, como la expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros que caracterizan la calidad del agua, siendo interpretada en una lista de valores numéricos.

Muchos de los recientes índices de calidad de agua tienen como aspecto común, su cálculo sobre la base de los siguientes 3 pasos consecutivos:

1. Selección de parámetros (usualmente entre 2 y 73 variables).
2. Determinación de los valores para cada parámetro: subíndices.
3. Determinación del Índice por la agregación de los subíndices.

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales del Salvador (2009), señala que la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA), se da por la integración de los subíndices que lo conforman, por lo que la identificación de factores claves (parámetros biológicos, químicos o físicos) pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, los cuales están basados en el criterio profesional con base en los conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación

El monitoreo de un cuerpo de agua para detectar su grado de contaminación, conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros, incluso

dimensionalmente distintos, que hace difícil detectar patrones de contaminación. Horton, (1965) y Liebman, (1969) son los pioneros en el intento de generar una metodología unificada para el cálculo del ICA.

Entre la década de los setenta y ochenta, National Sanitation Foundation, NFS (1970), realiza un estudio para evaluar la calidad del agua usando 9 parámetros, Pratti, *et al.* (1971), presenta un trabajo con 13 parámetros y Dinus (1972), realiza otro similar con 11 parámetros.

De acuerdo con el índice obtenido, la calidad de un cuerpo de agua según el NSF queda definida como:

- Excelente: 91-100
- Buena: 71-90
- Regular: 51-70
- Mala: 26-50
- Pésima: 0-25

Esta categorización de índices, se estableció específicamente para parámetros químicos y físico por lo que se ha pretendiendo relacionarlos con indicadores biológicos de contaminación, frente a esta relación Zúñiga *et al.* (1994), indica que una calidad mala, no permite asociar la presencia-abundancia de una determinada especie o taxón, a un problema de contaminación como por ejemplo de tipo orgánico. Para lograr esto último, Ramírez y Viña, (1998), indican que debe retornarse a la matriz de variables fisicoquímicas y observar el comportamiento de cada una de ellas, hecho que debilita la utilidad de los índices de calidad de agua.

2.8.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA

Arce (2006), hace referencia a los índices de diversidad como expresiones matemáticas utilizadas en componentes de una comunidad como: riqueza (número de especies presentes), dominancia (distribución uniforme de los individuos entre las especies y su hábitat) y abundancia (cantidad total de organismos presentes) para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su medio. Una comunidad

natural se caracteriza por presentar gran diversidad de especies y bajo número de individuos por especie o viceversa. Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer bajo número de especies con gran número de individuos por especie, por lo que la diversidad de la comunidad se considera una medida de la calidad del agua

Investigadores a nivel mundial han desarrollado varios índices para medir la calidad del agua utilizando bioindicadores, por lo que de acuerdo a Smith & Smith (2001) uno de los más conocidos es el índice de Shannon-Weaver (1949), el cual refleja la igualdad de taxones en el hábitat, es decir mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad, mayor es el valor.

Para Baddi *et al.* (2005), la existencia de otros índices de diversidad, como el de Simpson, (1949) y Margalef (1951), son utilizados únicamente con los organismos que se han identificado a nivel de especie, pudiendo utilizar estas fórmulas para obtener resultados de manera aproximada. Aunque el concepto de diversidad es muy atractivo, sus resultados pueden variar con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año.

2.8.2 ANÁLISIS EPT

Carrera y Fierro, (2001), indican que, para la determinación del estado de un ecosistema acuático, se puede realizar un análisis mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, que son indicadores de buena calidad de agua, debido a su alta sensibilidad a la contaminación. Se obtiene contando el número de individuos perteneciente a estos órdenes en cada muestra y se los divide por la cantidad total de individuos colectados, multiplicado por 100. De acuerdo al valor porcentual obtenido se indica la calidad de agua que van desde malas a muy buenas. El valor obtenido se compara en un rango de calidad de agua y se interpretan de la siguiente manera:

- Aguas de calidad muy buena: de 75% hasta 100%.

- Aguas de calidad buena: de 50% hasta 74%.
- Aguas de calidad regular: de 25% hasta 49%.
- Aguas de calidad mala: de 0% hasta 24%.

2.8.3 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA “BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY” (BMWP).-

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en la década de los setenta, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores el cual consiste en asignar a las familias de macroinvertebrados acuáticos, valores de tolerancia a la contaminación comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un punto nos dará el grado de contaminación del punto estudiado (Roldán, 2003).

Dependiendo de la puntuación obtenida, la calidad de agua del ecosistema acuático estudiado se lo designa a la clase:

- Clase I: Calidad Buena, puntuación >101 , indica aguas muy limpias a limpias.
- Clase II: Calidad Aceptable, puntuación de 61 a 100, indica aguas ligeramente contaminadas.
- Clase III: Calidad Dudosa, puntuación 36 a 60, indica aguas moderadamente contaminadas.
- Clase IV: Calidad Crítica, puntuación de 16 a 35, indica aguas muy contaminadas.
- Clase V: Calidad Muy Crítica, puntuación menor a 15, indica aguas fuertemente contaminadas.

2.8.4 CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS

Según Acosta, *et al.* (2009), la calidad ecológica, es una medida integral del estado del ecosistema e incluye la evaluación tanto en los del río como del ambiente acuático, es decir diagnosticar de manera integral la información sobre el bosque de ribera y las

áreas adyacentes, el canal y el lecho del río (características hidromorfológicas), y los organismos que en ellos habitan. La calidad ecológica se mide evaluando los componentes de un ecosistema que son responsables de la biodiversidad y el funcionamiento de los ríos como:

- Ribera y el canal fluvial.- Donde analiza la vegetación de la ribera y la naturalidad del canal del río.
- Continuidad de la ribera.- Analiza la continuidad de vegetación en la ribera del río.
- Conectividad de vegetación con otros elementos del paisaje adyacentes o próximos.- Analiza la vegetación de ribera está conectada a otros paisajes naturales o a áreas con actividad humana.
- Presencia de basura y escombros.- Analiza la presencia o ausencia de basura en las riberas de río
- Naturalidad del canal fluvial.- Analiza el canal y la forma del río y si estas han sido modificadas por el hombre.
- Composición de sustrato.- Analiza la presencia de distintos sustratos encontrados en el lecho de río.
- Régimen de Velocidad y profundidad del río.- Analiza las velocidades y profundidades del río.
- Elementos de heterogeneidad.- Analiza las características del río que favorecen el aumento de la biodiversidad de organismos acuáticos.

Cada variable se califica, según su estado, de 0 a 5. La suma total de las variables darán valor el cual se compara dentro de una escala de calificación para obtener la calidad hidromorfológica del río:

- Escala de 0 a 10.- Se asigna una interpretación de calidad pésima.
- Escala de 11 a 20.- Se asigna una interpretación de calidad mala.
- Escala de 21 a 28.- Se asigna una interpretación de calidad moderada.
- Escala de 29 a 35.- Se asigna una interpretación de calidad buena.
- Escala de 35 a 40.- Se asigna una interpretación de calidad excelente.

2.9 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN HORTON

Horton, (1965), propone el uso de índices de calidad para estimar patrones o condiciones de contaminación acuática, y es pionero en la generación de una metodología unificada para su cálculo utilizando diez variables de monitoreo tales como oxígeno disuelto, recuento de coliformes, pH, conductancia específica, alcalinidad, contenido de cloruro y temperatura, con el propósito de revelar los cambios físicos y químicos ocurridos a nivel de la calidad de las corrientes de agua mediante la siguiente fórmula:

$$ICA = K \sum C_i P_i / \sum P_i$$

Donde:

C_i= Valor porcentual asignado a los parámetros.

P_i= Peso asignado a cada parámetro.

K= Constante que toma los siguientes valores:

- 1.00 para aguas claras sin aparente contaminación.
- 0.75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbiedad aparente.
- 0.50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- 0.25 para aguas que presenten fermentaciones y olores.

Para la interpretación de calidad de agua, los valores obtenidos se comparan con los siguientes intervalos:

- De 91 a 100: Calidad Excelente, es decir cuerpos de agua con niveles de calidad aceptables.
- De 66 a 90: Calidad Buena, es decir corrientes con indicios de contaminación.
- De 51 a 65: Calidad Regular, es decir aguas con estado de contaminación que requiere atención inmediata.
- < 50: Calidad Mala, es decir ecosistemas acuáticos fuertemente contaminados.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO AMBATO

3.1 LOCALIZACIÓN

La microcuenca del río Ambato se encuentra ubicada en el cantón del mismo nombre, se origina en la cordillera Occidental por la unión de los ríos Colorado y Blanco, la microcuenca se cierra cerca de la ciudad de Ambato, al juntarse con el río Cutuchi proveniente de la provincia de Cotopaxi, para formar el río Patate. Tiene una longitud aproximada de 59,8 km que va desde los 3592 m.s.n.m., hasta los 2252 m.s.n.m. (GADMA, 2015).

Durante su trayecto, el río Ambato recibe las descargas provenientes de la población y parte del sector industrial, por lo que en el año 2013 el Gobierno Autónomo Municipalidad de Ambato (GADMA), establece actividades encaminadas a obtener datos de calidad del agua, implementando 9 sitios de monitoreo para la obtención de datos físico-químicos en la trayectoria del río, además para la selección de los sitios de monitoreo se utilizó el criterio de zonificación establecido por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT), que establece: microcuenca alta que inicia en las vertientes de los ríos Colorado y Blanco hasta la toma del canal Ambato-Huachi-Pelileo; microcuenca media que inicia en la bocatoma del Canal Ambato-Huachi-Pelileo y se extiende hasta el sector de las Viñas donde desemboca el colector Lalama y microcuenca baja que inicia en la desembocadura del colector Lalama hasta la unión con el río Cutuchi (HGPT, 2014).

En septiembre de 2015, la Dirección de Gestión Ambiental del cantón Ambato, establece tres sitios de monitoreo por microcuenca, para la obtención de datos de calidad de agua con parámetros biológicos, obteniendo un total de 9 sitios de muestreo en todo el trayecto del río Ambato. Los puntos de muestreo, coordenadas y altitud, se

muestran en la Tabla 3.1 y la Figura 3.1 muestra el mapa de la microcuenca con la ubicación de los sitios de muestreo.

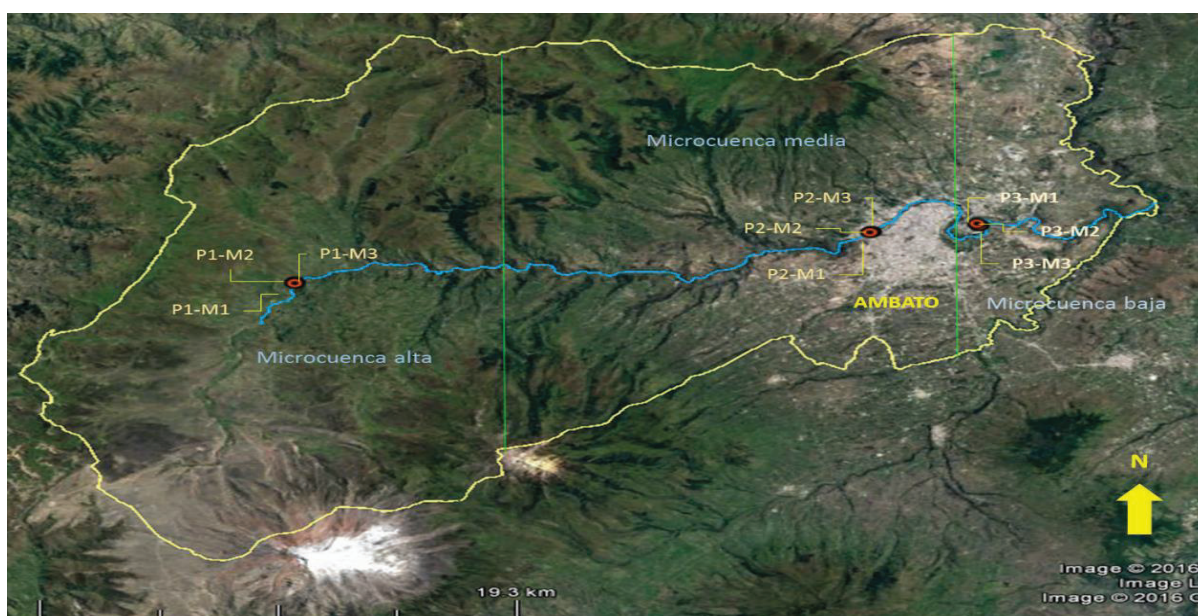
La recolección de muestras se realizó durante 2 épocas, la de sequía y la de lluvias, esto es: año 2015 el 30 de octubre, 27 de noviembre, 30 de diciembre y año 2016: 17 de enero, 29 de febrero, 31 de marzo, 29 de abril, 19 de mayo.

Tabla 3.1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo para monitoreo de la calidad del agua en la microcuenca del río Ambato 2015-2016.

Microcuenca	Punto	Sitio de muestreo	Coordendas (UTM)		Altitud (m.s.n.m)
Alta	P1	M1	739677	9856740	3439
		M2	739693	9856782	
		M3	739682	9856826	
Media	P2	M1	763566	9861782	2573
		M2	762515	9861743	
		M3	762603	9861814	
Baja	P3	M1	766928	9862493	2371
		M2	766837	9862633	
		M3	766928	9862493	

Fuente: GADMA, 2015

Elaborado por: Xavier Carvajal



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 3.1. Mapa de ubicación geográfica de los sitios de muestreo en la microcuenca del río Ambato, 2015-2016

3.2 ASPECTOS FÍSICOS

3.2.1 CLIMA

Para el análisis del climograma de la cuenca del río Ambato, se utilizaron datos de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), más cercanas a la microcuenca. La Tabla 3.2 muestra la ubicación geográfica de las estaciones escogidas.

Tabla 3.2. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca del río Ambato.

Código	Nombre	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altitud (m.s.n.m)
M0128	Pedro Fermín Cevallos (Colegio)	1°21' 22" S	78°36'46" W	2910
M1069	Calamaca Convenio INAMHI HCPT	1°16'37.73" S	78°49'7.8" W	3402

Fuente: INAMHI, 2016

De la estación Pedro Fermín Cevallos, se analizaron los datos proporcionados por el INAMHI (2016), correspondiente al periodo 1978-2015 (Anexo N° 1). Esta estación se encuentra ubicada a una distancia aproximada de 10.9 km de la microcuenca media del río Ambato. Para la estación Calamaca, se analizaron los datos proporcionados por el INAMHI correspondiente al periodo 1988-2015 (Anexo N° 2), esta estación se encuentra ubicada a una distancia aproximada de 4.6 km de la microcuenca alta del río.

En cuanto al clima de la microcuenca media y baja del río Ambato en relación al análisis de datos meteorológicos obtenidos en la estación Pedro Fermín Cevallos, indica precipitaciones mínimas anuales de 9.08 mm y máximas anuales de 119.7 mm. Sobre la temperatura se observan valores mínimos de 11.67 °C a máximas de 13.8

°C, en cuanto a su humedad relativa presenta valores mínimos de 72.9% a máximas de 92.1%. Estos valores se muestran en el Anexo N° 1.

En cuanto al clima de la microcuenca alta del río Ambato en relación al análisis de los datos meteorológicos obtenidos de la estación Calamaca, indica precipitaciones mínimas de 10.3 mm y máximas de 167 mm. Sobre la temperatura se puede observar valores mínimos de 8.3 °C a máximas de 10.3 °C. En cuanto a su humedad relativa presenta valores mínimos de 79% a máximas de 92.9%. Estos valores se muestran en el Anexo N° 2.

De acuerdo a la propuesta de climas para el Ecuador establecidas por Pourrut (1983), la microcuenca del río Ambato presenta cuatro tipos:

- Microcuenca alta.- Comprende los climas Nieval y Ecuatorial de alta montaña, los cuales se presentan temperaturas menores a 10 °C y precipitaciones anuales que oscilan entre 800 y 2000 mm según la altitud de las vertientes.
- Microcuenca media y baja.- Comprende los climas Ecuatorial mesotérmico semi húmedo y Ecuatorial mesotérmico seco, los cuales se caracterizan por tener dos períodos (lluviosos y seco) en el año, con variaciones de precipitación entre los 500 y 1600 mm en promedio anual.

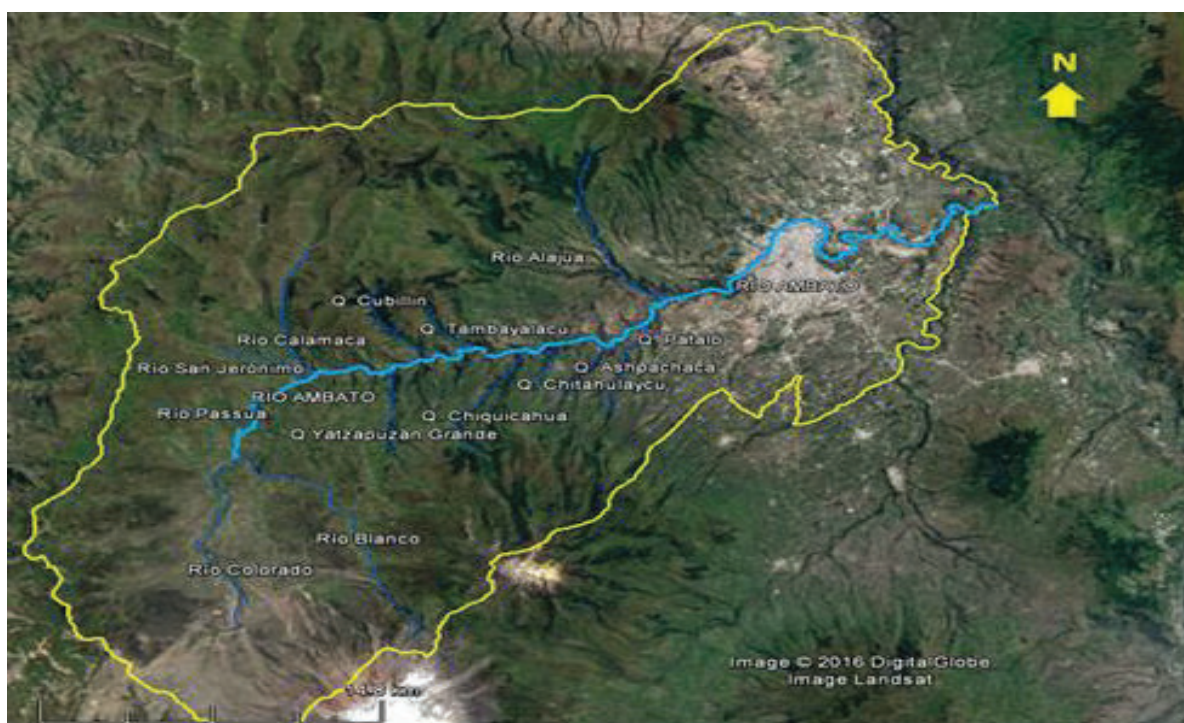
3.2.2 RECURSOS HÍDRICOS

El HGPT, (2015), define el origen de la microcuenca del río Ambato por la unión de dos ríos, el Colorado y el Blanco. El río Colorado nace en la vertiente oeste del nevado Chimborazo, aproximadamente a una cota de 4800 m.s.n.m., siendo su trayectoria total hasta la unión con el río Blanco el cual proviene del Nevado Carihuairazo, a 4400 m.s.n.m., este río se forma de la confluencia de varios riachuelos.

La confluencia de estos ríos, Blanco y Colorado, ocurre a una altura de 3600 msnm.; y desde ese punto hasta su desembocadura en el Cutuchi, el río Ambato habrá recorrido 59.8 km, recibiendo en su trayecto la contribución de algunos ríos principales como: río Passua, río San Jerónimo, río Calamaca y río Alajua así como la contribución

de afluentes provenientes de quebradas como: Yatzapuzan Grande, Chiquicahua, Cubillin, Tambayalacu, Pataló, Chitahulaycu, Ashpachaca. La Figura 3.2 muestra el aporte de los tributarios de la microcuenca del río Ambato de acuerdo al inventario hídrico del HGPT (2014).

De acuerdo a los registros de la estación Manzana Huaico registrados del INAMHI (2016), durante los períodos 2005-2015, el caudal del río Ambato presenta valores mínimo anual de 439 l/s, medio anual de 7378 l/s y máximos de 59258 l/s.



Fuente: HGPT, 2014
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 3.2. Microcuenca del río Ambato, 2016.

3.2.3 SUELOS

Según Cañadas (1983), para la microcuenca alta del río Ambato se distinguen suelos muy negro profundo a partir de ceniza volcánica, limoso con arena muy fina, con más del 80% de agua y cubiertos de pajonales. Para la microcuenca media y baja del río Ambato se distinguen suelos procedentes de materiales volcánicos, compuestos por

depósitos de ceniza dura cementada o cangahua donde se han desarrollado suelos limosos con arena muy fina, con poca materia orgánica y capacidad de retención de agua del 10 al 20%.

3.2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El cantón Ambato, está situado en el centro de la región interandina y cuenta con una topografía muy irregular: Volcanes, montes, planicies, valles muy pródigos para la actividad agrícola y encañonados como el del río Ambato (vía a Aguaján). En él se encuentran algunas cadenas montañosas y volcanes como el Casaguala, el Quisapincha y el Sagoatoa (inactivos), todos ellos ubicados en la cordillera occidental de los Andes. También se encuentran pendientes bajas y medias en sectores a las que se asciende con facilidad, especialmente ubicadas hacia el norte, como el cerro Negro, el cerro Quillopungo, cerro Sagoatoa, cerro Gallo Urco, entre otros. En la frontera con la provincia de Bolívar, tenemos el cerro Sombrero Urco, Guagua Pari y Pusunsuyo (GADMA, 2015).

3.3 ASPECTOS BIÓTICOS

3.3.1 FLORA

De acuerdo a Cañadas (1983), la microcuenca alta del río Ambato, se identifica la zona de vida bosque húmedo Sub-Alpino, con una vegetación dominante correspondiente a pajonales de los géneros *Poa*, *Bromus*, *Agrostis*, *Festuca* y *Calamagrostis*. Sin embargo esta vegetación está siendo afectada por la introducción de especies agrícolas y también por la quema periódica provocada por el hombre para promover brotes tiernos para el pastoreo.

Para la microcuenca media y baja se identifica la zona de vida estepa espinosa Montano-Bajo. Gran parte de las áreas aledañas al río han sido deforestadas y reemplazadas con especies exóticas como eucalipto y ciprés, sin embargo existen áreas intactas que conservan especies nativas como *Croton* sp., en asociación con *Dodonea viscosa*, *Opuntia tuna*, y *Datura stratmonium*.

3.3.2 FAUNA

La microcuenca alta del río, corresponde al piso zoogeográfico Altoandino, propuesto por Albuja *et al.* (1980). Por ser una zona muy pobre en alimentos la diversidad de especies es baja, además de la introducción de especies exóticas en los cuerpos de agua de estas zonas como la trucha, (*Salmo trutta*), han afectado poblaciones nativas de peces como la preñadilla, (*Astroblepus grixalvii*) y otros como anfibios y macroinvertebrados.

Para la microcuenca media y baja del río, pertenece al piso zoogeográfico Templado. Estas zonas se han visto afectado por el avance de la frontera agrícola y urbana, por lo que los hábitats naturales de las especies, se han confinado a quebradas y riberas del río Ambato, donde aún se aprecia poblaciones de aves como tórtolas, (*Zenaida auriculata*), gorriones, (*Zonotrichia capensis*), varias especies de colibrís, entre otras. Albuja *et al.* (1980).

3.3.3 PATRIMONIO NATURAL DEL CANTÓN AMBATO

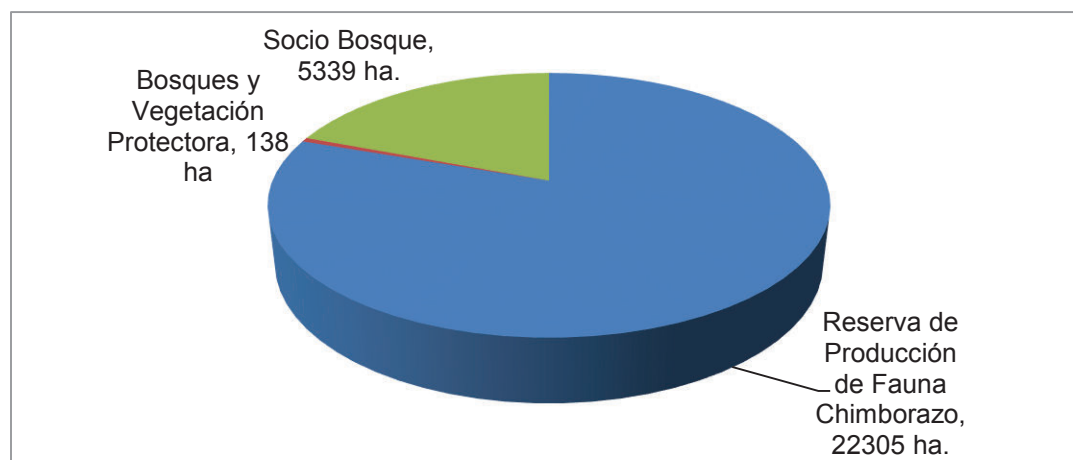
El Ministerio del Ambiente, MAE (2012), elabora el mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental, señalando la presencia de 11 ecosistemas remanentes en la provincia de Tungurahua, con una superficie de 58,601.27 ha. De esta extensión, el 57.7 % se encuentra en el cantón Ambato (Anexo N° 3), para lo cual, entidades públicas como el HGPT y el GADMA, preocupados por las amenazas generadas por el avance de la frontera urbana y agrícola, principalmente en los páramos y áreas colindantes a la microcuenca del río Ambato, logra preservar 27,782 ha. (Figura 3.3), mediante la aplicación de varias estrategias de conservación como:

- **Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.**- Localizado en la parte suroeste del cantón Ambato, cubriendo una extensión de 22,305 ha., abarcando gran parte de los páramos, los mismos que dan origen al río Ambato (HGPT, 2012).

- **Bosques y Vegetación Protectora Parque Forestal del Cerro Casigana.**- Localizado en la parte suroeste de la ciudad de Ambato, ubicado en el margen derecho del río, con una superficie de 138 ha. (GADMA, 2015).

- **Áreas del Programa Nacional de Conservación Socio Bosque.**- Ubicados en los páramos del cantón, cubren una extensión total de 5,339 ha. Ulloa *et al.* (2014).

- **Sistema de Áreas de Conservación del Cantón Ambato.**- En el abril de 2015, el GADMA, establece el Sistema de Áreas de Conservación proponiendo las siguientes categorías: Santuarios de Vida Silvestre, Reserva Municipal de Fuentes Hídricas Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS). Ulloa, *et al.* (2014).



Fuente: HGPT, 2012; GADMA, 2015; Ulloa *et al.* 2015
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 3.3. Superficie de ecosistemas preservados en la microcuenca del río Ambato.

3.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS-CULTURALES

Para el análisis del aspecto socioeconómico y cultural correspondiente a la microcuenca del río Ambato, la descripción se basó en la revisión de los siguientes documentos oficiales:

- Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015, GADMA, 2015.

- Datos de población del cantón Ambato obtenidos del VII Censo de la Población y Vivienda 2010, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

3.4.1 POBLACIÓN Y DENSIDAD DE POBLACIÓN

Según el INEC (2010), la población del cantón Ambato es de 329,856 hab., con una proyección para el 2016 de 358,238 hab., de los cuales el 52.6% se ubican en el área urbana y el 47.4% en la zona rural, en una extensión territorial que alcanza los 1008.8 km², su densidad poblacional es de 327 hab/km².

La mayor población urbana se concentra en la ciudad de Ambato sin embargo cabeceras parroquiales como Izamba, Pinllo, Santa Rosa, Atahualpa, Huachi Grande, Totoras, Martínez, Picaihua, empiezan a convertirse en poblaciones satélites por su fuerte interrelación comercial y de servicios, ubicándose en los alrededores de la ciudad formando un sistema urbano interdependiente.

La parroquia con mayor número de población es Santa Rosa con una cifra superior a 20000 hab., otras parroquias como Izamba, Quisapincha, Pilahuin, Huachi Grande y Atahualpa, poseen una población entre los 10,000 y 20,000 hab.

Los asentamientos poblacionales que presentan un mayor crecimiento son: Huachi Grande y Santa Rosa en el extremo sur de la ciudad, seguido por Atahualpa e Izamba en la zona norte y Totoras en el extremo oriental, por tal razón, estas son las parroquias que demandan mayor cantidad de agua para sus actividades así como la generación de desechos, que inciden en la calidad del río Ambato (GADMA, 2015).

3.4.2 EDUCACIÓN

Dentro de la parte urbana de la ciudad de Ambato, se ubican aproximadamente siete unidades educativas que realizan sus descargas directas o indirectamente (colectores) a los costados del río Ambato, siendo los mayores meses de generación de aguas contaminadas de 10 meses (septiembre a julio).

3.4.3 MIGRACIÓN

Dentro de los procesos migratorios, en relación al consumo y contaminación del agua del río Ambato, se mencionará la migración interna de acuerdo a los datos del INEC (2010)

Migración Interna.- Existe una migración de personas principalmente de las parroquias rurales del cantón hacia la ciudad de Ambato en un número determinado de 23914, representando el 14 % de la población actual de la ciudad.

Este incremento de población, hace que la demanda de agua y producción de residuos, aumente en el sector urbano del cantón Ambato

3.4.4 SALUD

Según datos del INEC (2012), existen dos centros de salud importantes que se ubican cerca del río Ambato, El Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y el Hospital Provincial Docente Ambato. Estos dos hospitales atienden diariamente un aproximado de 378 pacientes internados en sus instalaciones, si se toma en cuenta la relación de descarga con una cantidad de 1,4 kg/hab/día, el río Ambato recibiría una cantidad de 529.2 kg/hab/día., los cuales se vierten sin ningún tipo de tratamiento y además son considerados como desechos peligroso.

3.4.5 VIVIENDA

El censo realizado por el INEC (2010), determina que en el cantón Ambato existen 116,470 viviendas, de las cuales 55,253 están en el área urbana de la cabecera cantonal, correspondiendo el 47.44%, mientras que en el área rural (incluyendo cabeceras parroquiales) se registran 61,217 viviendas, representando el 52.56%.

En el área rural, algunas parroquias representantes como Juan Benigno Vela, Pasa, Montalvo, Pilahuin, Quisapincha y San Fernando, poseen el mayor porcentaje de viviendas, mientras que el área urbana, representada por la cabecera cantonal de

Ambato y algunas parroquias con situación de conurbación, presentan bajos porcentajes (menos del 5%) de viviendas con piso de tierra (GADMA, 2015).

3.4.6 ABASTECIMIENTO DE AGUA

Según datos del GADMA (2015), el 81.7% de la población de la ciudad de Ambato, recibe agua potable a través de la red pública, al igual que las cabeceras parroquiales de Atahualpa, Izamba y Unamuncho, en cambio, parroquias como Cunchibamba, Santa Rosa y Augusto Martínez, reciben menos del 50% de servicio de agua potable por red pública, abasteciéndose de diferentes fuentes como ríos, acequias, canales o vertientes en su gran mayoría. En el sector rural, la población se abastece del líquido vital por medio de canales y tuberías obtenidas en vertientes. El detalle del abastecimiento de agua en el cantón Ambato, se detalla en el Anexo N° 4.

3.4.7 RED DE ALCANTARILLADO

La red pública de alcantarillado, cubre el 70.8% de la población cantonal, siendo Ambato y Atahualpa las parroquias que superan este valor, el resto de parroquias están con porcentajes debajo del promedio, quedando Constantino Fernández como la parroquia con menor cobertura pública sanitaria con 8.2%. Esta parroquia y las que tienen menor cobertura de red pública tienen sus sanitarios conectados a un pozo ciego en su mayoría (GADMA, 2015).

3.4.8 DESECHOS SÓLIDOS

El cantón posee un 79.3% de cobertura pública de servicios de recolección de basura, mientras que 16.4% queman los desechos y 1.4% de la población arrojan los desperdicios en la quebrada o terreno baldío. Las parroquias como San Bartolomé, Izamba, Atahualpa y la ciudad de Ambato son las que poseen mayor cobertura de recolección de basura, en cambio, la parroquia de Pasa posee el menor porcentaje de cobertura (9.8%) del carro recolector, por lo que la basura se elimina mediante la quema a cielo abierto. En el sector rural existe la costumbre de separar los desechos

orgánicos de los inorgánicos, utilizando los primeros para generar abono ya sea enterrándolos o dispersándolos sobre el terreno (GADMA, 2015).

Los desechos recogidos por los carros recolectores son enviados al relleno sanitario de Chasinato, ubicado en el nororiente de la ciudad de Ambato. El detalle del tratamiento de los desechos generados en el cantón se detalla en el Anexo N° 5.

3.4.9 SECTOR AGROPECUARIO E INDUSTRIAL

Las principales actividades económicas en la zona rural del cantón Ambato, están relacionadas con la agricultura, ganadería y artesanía; mientras que, en la zona urbana el comercio de venta de autos, accesorios y los servicios de reparaciones, industria metal-mecánica y confecciones se han convertido en las principales fuentes de trabajo y dinamizadores de la economía, al mismo tiempo que el trabajo en instituciones estatales. De acuerdo al HGPT (2015), las principales actividades relacionadas a la economía del cantón (Anexo N° 6) se las clasifica en:

- **Productivas.-** Que comprenderían la fabricación de calzado y prendas de vestir.
- **Comercio.-** En las que consta la venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco, así como las ventas al por menor de prendas de vestir y que constituyen el grueso de estas actividades. Los servicios, en los que la alimentación representada por las actividades de atención en restaurantes y servicios móviles de comida y otras actividades relacionadas con la peluquería y productos de belleza, constituyen rubros de interés en este segmento económico

3.4.10 TURISMO

Uno de los principales problemas que genera ésta actividad a la calidad de agua del río Ambato es la ubicación de uno de los principales atractivos de la ciudad, la Quinta de Juan León Mera, que se encuentra en el margen derecho del río Ambato, por lo que la generación de descargas en este sector se da especialmente los fines de semana y feriados, incrementándose durante las fiestas de Ambato del mes de febrero.

Actualmente no se tiene un registro de la cantidad de aguas residuales que genera este atractivo además su descarga al río es directa, sin ningún tipo de tratamiento. GADMA, 2015 (21).

3.4.11 RED VIAL

Según datos del GADMA (2015). El cantón Ambato cuenta con varios tipos de redes viales:

- **Arteriales.-** Las que conectan al cantón con el resto de la región central, cuentan con una capa de rodadura asfáltica y se encuentran en buenas condiciones. Vía Ambato-Quito, Ambato-Baños, Ambato-Riobamba.
- **Colectoras.-** Constituye únicamente la vía que une Ambato con Guaranda y las vías cantonales que conectan a los centros parroquiales con el centro de la ciudad. Su capa de rodadura es asfalto y tienen buenas condiciones. En cuanto al área de estudio, existe la “Vía Flores”, la cual se ubica a un costado del río Ambato, presentándose en todo el trayecto del río.

3.5 SISTEMA POLÍTICO INSTITUCIONAL

La entidad administrativa encargada del desarrollo del cantón, es el GAD Municipalidad de Ambato, que incluye la distinción orgánica por función, clase y serie; y, en la función ejecutiva el establecimiento de niveles orgánicos, y su relación con los procesos mediante las siguientes funciones:

- Función legislativa.- Rectoría ejercida por el Concejo Municipal; Director de Empresas o Directorio de Instituciones Adscritas en su ámbito.
- Función Ejecutiva.- La ejerce el Alcalde y los Gerentes de Empresas Públicas o Instituciones Adscritas.
- Función Participación Ciudadana y Control Social.- La ejerce los ciudadanos calificados legalmente.
- Comité de Mejoramiento de la Gestión del GADMA.- liderado por el Ejecutivo.

3.6 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y USO ACTUAL DEL SUELO

3.6.1 PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO

La actualización del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) cantonal de Ambato 2020 (GADMA, 2015), es un instrumento de planificación territorial y tienen como finalidad, regular la ocupación, fraccionamiento y uso del suelo mediante la protección de recursos en base de una sociedad cohesionada, equitativa y culta que se integra al desarrollo local y nacional a través de una estrategia compartida mediante la aplicación de planes.

En cuanto a los planes relacionado al manejo y conservación del recurso agua del cantón, el POT ha contemplado los siguientes planes:

- Interviene para su protección o transformación en áreas vegetales y bosques
- Define el manejo de las fuentes de agua para la producción, la recreación y el consumo
- Protege la conservación del patrimonio natural.

Con estos planes el GADMA espera, hasta el 2020, poder manejar de una mejor manera el recurso agua.

3.6.2 USO ACTUAL DEL SUELO

La ordenanza del POT, establecida en GADMA (2015), determina las principales categorías de uso de suelo (Tabla 3.3):

- **Uso Vivienda.-** Corresponde al uso de suelo destinado a vivienda, sea de forma exclusiva o combinado con otros usos de suelo que lo complementen, de acuerdo a la zonificación y se basa en la siguiente clasificación: Vivienda con Usos Barriales (V0), Vivienda con Usos Sectoriales (V1), Vivienda con Usos Zonales (V2).
- **Uso Múltiple.-** Uso que corresponde a áreas de la centralidad mayor (Núcleo Central), a las vías arteriales

- **Uso Industria.-** Corresponde al uso de suelo destinado a la implantación de las operaciones y actividades para la obtención, elaboración, manipulación, transformación o tratamiento de materias primas, para producir bienes o productos materiales y se los clasifica en: Bajo Impacto, Mediano Impacto, Alto Impacto y de peligro
- **Uso Agrícola.-** Comprende el uso específico de recursos naturales en suelos destinados al aprovechamiento de la agricultura, ganadería, forestal y explotación piscícola.
- **Uso de Protección Natural.-** Uso destinado al mantenimiento de las características ecosistémicas del medio natural que no han sido alteradas significativamente por la actividad humana y que por razones de calidad ambiental y equilibrio ecológico deben conservarse. Estos usos de suelo no son modificables y se los clasifica en: Uso de Suelo de Páramos, Uso de Suelo de Bosques, Uso de Suelo de Cuerpos de Agua, Uso de Suelo de Quebradas y Laderas.

Tabla 3.3. Uso del suelo en el cantón Ambato.

Uso del suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Múltiple	103.74	1.34
Parque Industrial	62.49	0.08
Producción Agrícola-Frutícola	199.18	2.58
Protección natural	1370.29	17.73
V0 con usos barriales	2581.07	33.39
V1 con usos sectoriales	2711.92	35.08
V2 con usos zonales	700.13	9.06
Sin uso	63.57	0.82
Total	7792,39	100

Fuente: GADMA, 2015

3.7 RIESGOS NATURALES

El cantón Ambato, por su ubicación geográfica, es susceptible a riesgos por la eventual presencia de desastres naturales por lo que en el POT del GADMA (2015), ha realizado

los análisis correspondientes para identificar los peligros o amenazas a los que está sujeto el territorio de Ambato, detallando a continuación los principales:

- Se han identificado 4 zonas sísmicas, siendo las más críticas las ubicadas en el centro de la ciudad, los cordones montañosos, la llanura interandina y los generados por el volcán Tungurahua, presentando un grado de peligrosidad de alto a medio.

- El Cantón Ambato, a pesar de ubicarse en una zona seca, existen sectores en donde se den posibles inundaciones como es el caso de las parroquia Picaihua y Totoras se ha presentado desde hace 15 años atrás aproximadamente afloramientos de agua que han inundado el sector.

- En los periodos de lluvias, los desbordes del cauce del río Ambato, se dan con frecuencia principalmente en el sector de las juntas del río Blanco y río Colorados, este riesgo no afecta a las viviendas del sector pero puede cuásar pérdidas económicas al destruir sembríos y arrastrar a los animales de granja que se encuentran cerca de las riberas.

- La presencia del volcanes Chimborazo en el sector de las nacientes del río Ambato podría representar una zona de peligro ya que los materiales piroclásticos y lahares llegarían a esta área, contaminando las aguas del río desde sus orígenes, en cuanto a la actividad volcánica del Tungurahua, por acción del viento, elementos como ceniza podrían ser arrastrados hasta contaminar gran parte del agua que se genera en la microcuenca del río.

3.8 MARCO LEGAL

Para el Marco Legal del estudio, se analizaron 5 leyes que rigen el cuidado del recurso agua a nivel nacional y 3 ordenanzas locales, sin embargo estas normativas mencionan únicamente los niveles máximos permisibles de descarga que se realizan en los cuerpo de agua y sus diferentes usos de acuerdo al rango de contaminación, sin existir ninguna normativa que señale categorías y metodologías para obtener

índices de calidad de agua. El marco legal aplicado al presente estudio, se detalla en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4. Marco Legal en relación al cuidado y control del componente agua en el cantón Ambato.

Ley	Artículos/Anexos	Fecha	Institución responsable
Constitución de la República del Ecuador, 2008 (9)	Art. 1, Art. 3, Art. 10, Art. 14, Art. 15, Art. 66, Art. 71, Art. 72, Art. 73, Art. 74, Art. 83	R.O. No. 449 del 20 de octubre de 2008.	MAE
Ley de Gestión Ambiental, 2004 (40)	Art. 2, Art. 5, Art. 19, Art. 20.	R.O.S. No. 418 del 10 de Septiembre de 2004.	MAE
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, 2004 (41)	Art. 6, Art. 10.	R.O. 418 del 10 de Septiembre de 2004.	MAE
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), 2010 (10)	Art. 4, Art. 54, Art. 55, Art. 65, Art. 136.	R.O No. 303 de martes 19 de octubre del 2010.	GADMA, HGPT.
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), 2015 (46)	Anexo 1, numerales: 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6, 5.2.3, 5.2.4,	R.O. Edición Especial No. 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015.	MAE
Ordenanza para la prevención y control de la contaminación ambiental ocasionada por las actividades agroindustriales, industriales, artesanales, domésticas y de servicio en el Cantón Ambato, 2006 (19)	Art. 3, Art. 4, Art. 5, Art. 65, Art. 6, Art. 9, Art. 10, Art. 52, Art. 53, Art. 54, Art. 55, Art. 56, Art. 57, Art. 58, Art. 59, Art. 60, Art. 61, Art. 62, Art. 63, Art. 64, Art. 65.	Resolución de Concejo No. 870 del 27 de octubre de 2006.	GADMA
Ordenanza para la Gestión integral de los residuos sólidos en el cantón Ambato, 2008 (20)	Art. 79	Resolución de Concejo No. 108 del 07 de febrero de 2008.	GADMA
Ordenanza para el Manejo Ambiental de aceites, pilas y acumuladores usados en el Cantón Ambato, 2006 (18)	Art. 2, Art. 12.	Resolución de Concejo No. 871 del 27 de octubre de 2006.	GADMA

3.9 PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO AMBATO

3.9.1 PROCESO DE URBANIZACIÓN.

De acuerdo a los datos del INEC (2010), el área urbana de Ambato presenta un incremento de 9,741 hab., durante el período 2010-2016 y para el área rural de 18,641 hab. (Tabla 3.5). Este crecimiento poblacional ha demandado el uso de áreas para el desarrollo de los procesos de urbanización, así como también el aumento de consumo de agua y producción de residuos en el cantón.

Tabla 3.5. Crecimiento Poblacional del cantón Ambato

Ambato	2001	2010	2016	Incremento 2001 - 2010	Incremento 2010 - 2016
Área Urbana	163,926	178,538	188,279	24,489	9,741
Área Rural	123,356	151,318	169,959	24,185	18,641
Total	287,282	329,856	358,238		

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Xavier Carvajal

Debido al incremento de actividades industriales y comerciales que han desarrollado algunas parroquias del cantón, se ha generado un incremento poblacional significativo en las parroquias de Santa Rosa con 30.9%, Atahualpa con 28.4%, Izamba con 23.6%, Pinllo con 15%, conformando un sistema urbano interdependiente en relación a la ciudad de Ambato (GADMA, 2015).

Este incremento afecta considerable al cantón Ambato ya que aumenta la demanda de agua, al igual que las descargas de aguas residuales. El detalle de la evolución de la población de las parroquias rurales se detalla en el Anexo N° 7.

3.9.2 DINÁMICA POBLACIONAL

Para el año 2012, el cantón Ambato cubre una superficie de 4653 ha. De acuerdo a las proyecciones hechas desde 1986 al 2001, habría un crecimiento de la ciudad de un 166% interanual. Esto llevaría a futuro a sobrepasar los límites cantonales, ubicándose en superficies muy inclinadas como pendientes, laderas y quebradas. Esta

dinámica afecta también en los sectores rurales principalmente en los páramos que posee el cantón, ya que se evidencia construcciones a los 3600 m.s.n.m., la cual es la frontera de conservación (GADMA, 2015).

3.9.3 CAMBIOS DE USO DE SUELO

La zona urbana del cantón Ambato, ha tenido un crecimiento muy significativo, ya que en el año de 1986, ocupaba una superficie de 1292 ha., y para el año 2012 presenta un crecimiento del 349.15%, lo que significaría una superficie de expansión de 5803 ha. Este crecimiento urbano demanda mayor producción de alimentos por lo que presiona en el avance de la frontera agrícola, produciendo amenazas a los espacios naturales remanentes del cantón principalmente en los páramos donde se origina el río Ambato. Específicamente entre los años 1990 y 2008 se registra que 10938 ha., de vegetación natural han sido convertidas a otros usos, lo que equivale a una pérdida de 608 ha/año (GADMA, 2015).

3.9.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Aguas residuales

El cantón Ambato no sólo concentra la mayoría de habitantes de la provincia, también se encuentran la mayor cantidad de industrias de todo tipo. En el área urbana del cantón, que corresponden al 66% de la población total de la provincia de Tungurahua, por lo que el uso de agua y la cantidad de aguas residuales es mayor, siendo la del río Ambato el principal receptor de estas aguas contaminadas (GADMA, 2015).

Descarga de efluentes domésticos

Según la EMAPAA, (2016), en la zona urbana del cantón Ambato viven 178,538 hab., y en el área rural 146,000 hab., generando aproximadamente 42'573,600 m³ de aguas residuales al año. Esta estimación se la realizó con los valores obtenidos de las 26 zonas de descarga que tiene la ciudad en el río. Esta cantidad de agua residual urbana

se descarga directamente al río Ambato sin ningún tipo de tratamiento. Los valores de descarga se detallan en la Tabla 3.6.

Entidades públicas como la EMAPAA, HGPT y GADMA, han implementado 17 plantas de tratamiento para tratar estas aguas previo a su descarga, sin embargo, solo el 2.22% (30.3 l/s) de la descarga total posee tratamiento (EMAPAA, 2016). La Tabla 3.7 muestra la ubicación y caudal tratado en las plantas.

Ante este problema el GADMA y la EMAPAA elabora el proyecto: “Diseños del Colector Víctor Hugo y de la mejor solución para el Tratamiento de las Aguas Servidas de la ciudad de Ambato”, para tratar 760 l/s, que equivale al 56.42% de aguas residuales que genera la ciudad (Revista Ambateña, 2015).

Contaminación industrial

De acuerdo a los datos publicados en el HGPT (2015), las actividades industriales se encuentran dentro de las áreas urbanas, por lo tanto las aguas residuales industriales y las aguas servidas urbanas se mezclan en los ríos. En el cantón Ambato, el 45% de las industrias de la provincia se ubican en este cantón, incluyendo la industria de las curtiembres, textiles, lácteos, el parque industrial y el camal, como las más contaminantes.

El cantón Ambato se caracteriza por ser uno de los centros más importantes del Ecuador respecto a la producción de cuero. Se estima que en la provincia de Tungurahua se procesa el 78 % de la producción nacional de cueros equivalente a 450,000 pieles. Sin embargo, de acuerdo al registro de actividades del GADMA, de las 26 curtiembres que existen en el cantón, 7 realizan sus descargas en el río Ambato, 9 en el río Culapachan y 10 en el río Pachanlica.

Las curtiembres hacen uso intensivo de agua en sus procesos, además utiliza importantes cantidades de reactivos químicos, destacando el uso de NaCl, Na₂S, Ca(OH)₂, sales de cromo y solventes, que más tarde salen en las aguas residuales. Es importante mencionar que para esta actividad se utiliza agua a una tasa

de 25-80 l/kg. Las descargas de aguas residuales que realiza esta industria es de 300,000 m³/año, con una carga contaminante de 248 ton/año, de sales de Cromo y 104 ton/año, de Na₂S aproximadamente (SENAGUA, 2010).

Tabla 3.6. Zonas de descarga de aguas residuales urbanas de la ciudad de Ambato, 2016.

N°	Zonas de descarga	Descarga Q= l/s	Coordenadas	
1	Sector el Sueño (quebrada)	5	761759.46	9860992.4
2	Miraflores (puente negro)	8	762172.19	9861347.6
3	Miraflores (puente negro)	9	762126.23	9861328.4
4	Miraflores parque Martínez	10	762324.25	9861498.4
5	Miraflores calle las Dalias	5	762298.57	9861452.2
6	Miraflores calle las Margaritas	30	762672.33	9861921.8
7	Miraflores (Villa Bélgica)	40	763059.43	9862179.1
8	Miraflores el Peral	5	763339.95	9862436.8
9	Puente la Delicia	5	763513.91	9862836.6
10	Puente la Delicia	5	763542.27	9862851.3
11	Atocha (Sector Hospital IESS)	10	763639.61	9863335.8
12	Puente Antiguo Atocha	5	764035.26	9863704.7
13	Puente Antiguo Atocha	5	764209.46	9863660.1
14	Sifón Invertido (Sector Socavón)	200	764686.73	9864108.1
15	Puente Socavon	5	764981.92	9864169.3
16	Avenida Indoamérica	10	765694.59	9863921.6
17	Avenida Indoamérica	10	765563.92	9863883.3
18	Catiglata (Sector Plasticaucho)	10	766085.68	9863533.2
19	Ingahurco Bajo (Sector ILA)	20	766002.69	9863152.7
20	Quebrada Loma Redonda	10	765702.26	9862593.1
21	Parroquia la Peninsula	25	765754.44	9861747.8
22	Descarga Colector Lalama	250	765579.31	9861870.3
23	Descarga Colector Marginal y Q. Seca	600	766906.83	9861661.3
24	Descarga Colector Terremoto	25	768290.2	9862538.2
25	Descarga Quebrada Pispcucho	10	769035.31	9863138.6
26	Descarga de Izamba (Q. Quindulle)	30	770512.55	9861567.6
Descarga total		1347		

Fuente: EMAPAA, 2016

Tabla 3.7. Inventario y Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón Ambato, 2016.

N°	Nombre	Coordenadas		Caudal Tratado	Caudal no Tratado	Caudal Total
		Latitud	Longitud	(l/s)	(l/s)	(l/s)
1	Techo Propio 1	9862329.72	768799	5.6	-	5.6
2	Techo Propio 2	9862271	768743	-	-	-
3	Techo Propio 3	9861776	769684	3.5	-	3.5
4	Tiugua El Parque	9861009	769950	2.03	40	9.15
5	Tiugua Bajo	9861713	770555	0.32	-	0.32
6	Picaihua	986000	769810	1.25	240	241.25
7	Mollepamba	9857501	770235	1.97	1.38	3.35
8	Cunchibamba	9873978	770120	1.48	3.52	5
9	Puerto Arturo	9869270	768190	3.1	-	3.1
10	Zona Norte (Camal)	9867999	769250	0.3	-	0.3
11	Indoamerica	9864210	766192	0.93	-	0.93
12	El Peral	9862928	763318	0.92	-	0.92
13	Pilahuin	9857855.9	753679	8.2	-	8.2
14	Parque Industrial	9867926.45	768799	-	-	26
15	Pucara Grande	9855008	752230	0.5	-	-
16	Calhuasig	9864595.4	755298	-	-	-
17	Carmelitas	9859750	758100	0.2	-	-
				30.3	284.9	307.62

Fuente: EMAPAA, 2016

3.9.5 CONCESIONES DEL AGUA

De acuerdo a la SENAGUA (2010), dentro de la microcuenca del río Ambato, las concesiones actuales de agua de las cuencas en los sistemas de riego, tendrían una dotación inferior a 0.3 l/s/ha., para acequias pequeñas la dotación es menor a 0,10 l/s/ha., y para otras acequias más grandes (Alta Fernández, Chagrasacha, Mocha - Tisaleo - Cevallos) tienen dotaciones mínimas 0.15 l/s/ha. La distribución del agua en los sistemas de riego está dada por la frecuencia de riego que en su mayoría es de cada 8 días y por turnos según el derecho establecido en función del tiempo de uso.

Desde las nacientes del río Ambato hasta el punto de unión con el río Pachanlica existen 15 concesiones de agua ubicados en los márgenes del río, obteniendo un caudal de aprovechamiento de 1.54 m³/s, distribuidas para 1852.04 ha. El detalle se describe en el Anexo N° 8.

Proyecto de Riego Ambato - Huachi – Pelileo (AHP)

De acuerdo a la SENAGUA (2010), la bocatoma AHP, se ubica sobre el río Ambato, a 2,940 msnm, capta aproximadamente 3.06 m³/s del caudal del río, el cual es trasladado por 11.90 km para beneficiar a 9,750 familias de la provincia de Tungurahua. Sin embargo, estudios realizados por Ordoñez (2010), la captación reduce el 53% del caudal natural del río, pudiendo disminuir hasta un 81,4% en temporadas de sequía, lo que provoca malestar en varios sectores de la ciudad de Ambato y reduciendo el 68.09% de la riqueza biótica del río.

3.10 CALIDAD DE AGUA

Para la obtención de datos de calidad de agua, el presente estudio aplicó dos fases: la fase de campo en la cual se obtuvieron las muestras de los parámetros bióticos y abióticos en los sitios de muestreo de la microcuenca del río Ambato, mediante la aplicación de técnicas de colecta propias para estos parámetros, y la fase de laboratorio en la cual se identificaron los grupos taxonómicos de la parte biótica así como la obtención de las concentraciones de los parámetros físico-químicos. Con

estos datos se aplicaron los diferentes índices de calidad de agua para su respectivo análisis de resultados.

A continuación se detallan cada una de las fases empleadas durante el estudio:

3.10.1 FASE DE CAMPO

Para la obtención de las muestras de los parámetros biológicos y físicos-químicos se consideraron los lugares establecidos por el GADMA:

- Microcuenca alta.- Punto 1 (P1), sector nacientes del río Ambato, con tres sitios de muestreo
- Microcuenca media.- Punto 2 (P2), sector del parque “EL Sueño”, con tres sitios de muestreo.
- Microcuenca baja.- Punto 3 (P3), sector de “La Península”, con tres sitios de muestreo.

La obtención de muestras se realizó mensualmente, abarcando los períodos de sequía (de octubre de 2015 hasta febrero 2016) y lluvia (de marzo hasta mayo de 2016).

Antes de realizar la colecta de muestras, se hizo un análisis del acceso y seguridad, seleccionando las riberas del río con niveles de agua que no sobrepasen los 60 cm de alto.

Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos, se aplicó el método *Kick Sampling* propuesta por Gamarra, Y. & R. Restrepo (2013), utilizando redes Surber que poseen una abertura de malla de 250 μm y un área de captura de 15 cm^2 , según Domínguez y Fernández, (2009), este tipo de material se utiliza únicamente con aguas que presentan circulación continua. Previo a la colecta se procuró evitar caminar sobre el lecho de muestreo por lo que se caminó aguas arriba para evitar perturbaciones en las muestras. El método de colecta consistió en introducir la red de mano al fondo del río en sentido contrario a la corriente de agua, mientras por delante el operador procedió a remover y golpear el sustrato dinámicamente (en el caso de encontrar rocas no muy

pesadas se procede a frotarlas), este procedimiento se realizó en un lapso de 20 segundos. Esta técnica se la puede visualizar en la Figura 3.4.



Fuente: Xavier Carvajal

Figura 3.4. Aplicación del método *kick sampling*

Esta metodología se la estandarizó en los nueve sitios de muestreo a lo largo de la microcuenca. Los muestreos se llevaron a cabo de 10:00 a 17:00 horas, ya que en este lapso la temperatura ambiente y del agua, son más adecuadas para que los macroinvertebrados bentónicos se encuentren en mayor actividad. Se colectó un total de 45 muestras para el período de sequía y 27 para el período de lluvia.

Lo colectado en la red se depositó en una bandeja de color blanco (48 cm de largo x 32 cm de ancho x 5 cm de profundidad). Con la ayuda de pinza punta fina se colectaron las especies de macroinvertebrados, depositándolos en recipientes plásticos que contenían alcohol al 75% para su conservación; cada frasco fue etiquetado para su control y registro de datos (Ver Anexo N° 13. fotografía 7).

Para la determinación de los parámetros físico-químicos, se tomó una muestra de agua de río para cada microcuenca, las cuales se almacenaron en botellas ámbar de un litro. De igual manera se procuró no caminar sobre el área de muestreo y se evitó la formación de burbujas en el interior de la botella. Cada botella fue rotulada y etiquetada

para su debido registro y control. Además se tomaron *in-situ* parámetros como: temperatura de agua y potencial de hidrógeno (pH), mediante el uso de bandas reactivas. Estos valores se anotaron en la libreta de campo para su respectivo registro y control. Se obtuvieron un total de 15 muestras para el período de lluvias y 9 para el período de sequía.

Para cada punto de muestreo, se observaron y registraron las condiciones morfológicas del lugar (Ver Anexo N° 13, fotografía 1 a 5), como: ribera y canal fluvial, continuidad de ribera, conectividad de vegetación, presencia de basuras y escombros, naturalidad del canal, composición de sustrato, régimen de velocidad y profundidad del río y elementos de heterogeneidad. Esos datos sirvieron para determinar la calidad hidromorfológica del río en cada microcuenca.

Para la obtención del caudal del río Ambato durante los meses de estudio, se obtuvieron los datos mensuales de caudal que registra la bocatoma del Proyecto Huachi-Pelileo, solicitados a la Dirección de Recursos Hídricos del HGPT.

3.10.2 FASE DE LABORATORIO

Una vez transportadas las muestras de macroinvertebrados al laboratorio, se procedió a la identificación y clasificación taxonómica de cada individuo. Para la identificación a nivel de familia se realizó el uso de un estéreo microscopio modelo BM-120 marca Boeco Bsz, y para la identificación de los individuos a nivel de género, se utilizó un microscopio óptico modelo Xsp 15a, marca Bill. Los datos obtenidos fueron registrados en archivos digitales utilizando el programa Microsoft Excel, versión 2010. (Ver Anexo N° 13, fotografía 8)

La determinación taxonómica de los individuos fue realizada mediante el uso de las siguientes claves especializadas:

- Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología de Domínguez y Fernández (2009).

- Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos de Hanson, *et al.* (2010),
- Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua de Álvarez (2005).
- Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú de Prat, *et al.* (2011).

Las muestras de los parámetros físico-químicos se trasladaron al laboratorio de la Municipalidad de Ambato, para su respectivo análisis y obtención de concentraciones.

3.10.3 SELECCIÓN DE INDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA.

Con los datos obtenidos, tanto en la fase de campo como en la fase de laboratorio, se determinó la calidad de agua del río Ambato, aplicando los siguientes índices:

- **Índice de Calidad Hidromorfológica.**- Los datos obtenidos del estado de las variables morfológicas del río en cada punto de muestreo, se aplicó el protocolo de calificación de la calidad hidromorfológica del río propuesto por Acosta (2009).

- **Índice de Ecológicos.**- Para el análisis de los datos, se aplicaron los índices ecológicos de Diversidad de Shannon-Wiener, Dominancia de Simpson, Riqueza de Margalef y Equitatividad de Pielou.

- **Índice EPT.**- Se determinó la calidad de agua mediante la presencia y frecuencia de macroinvertebrados perteneciente a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera,

- **Índice Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col).**- La evaluación de la calidad del agua, se realizó por medio del cálculo de los índices BMWP/Col, con la asignación de valores para cada familia de macroinvertebrados ajustados a los ecosistemas acuáticos de Colombia, mencionados por Riss, Ospina & Gutiérrez (2002), debido a que en nuestro país no existen valores propios para este

índice. Estos valores se encuentran detallados en el Anexo N° 9.a, así como el cuadro de interpretación de calidad de agua del Anexo N° 9.b.

- Índice de Calidad del Agua físico-químico.- De las concentraciones de los parámetros físico-químicos obtenidos en los informes del Laboratorio del GADMA (2016), en cada uno de los puntos para los períodos de sequía y lluvia, se aplicó la fórmula establecida por Horton (1965), sin embargo de los 15 parámetros analizados, se utilizaron únicamente los valores de: T°, pH, K, DBO₅, SO₄, Cl⁻ y SST.

Para los valores de Ci y Pi, se utilizaron los valores que se detallan en la Tabla del Anexo N° 10.a., así como la interpretación de los valores para determinar la calidad de agua, detallados en la Tabla del Anexo N° 10.b., además, con los resultados de cada parámetro se realizó el análisis con los valores permisibles establecidos en la normativa ambiental del TULSMA (2015).

3.10.4 ANÁLISIS DE LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICO.

Con los resultados de estos análisis se aplicó el análisis de Correlaciones Canónicas (CCo) para establecer las relaciones entre las comunidades de macroinvertebrados con los parámetros físico-químico en los períodos de lluvia y sequía.

CAPITULO 4

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO AMBATO DURANTE LOS MESES DE MUESTREO

Se realizó el análisis del caudal del río Ambato, utilizando los registros del HGPT (2016), correspondientes a los ocho meses de estudio, siendo el mes de abril de 2016 con el caudal máximo ($16.01 \text{ m}^3/\text{s}$) y el mes de enero de 2016 con el menor caudal ($1.32 \text{ m}^3/\text{s}$). Los valores medios de este periodo (Figura 4.1), indican que la creciente de caudal se encuentra en los meses de marzo, abril y mayo; los meses de diciembre de 2015 hasta febrero de 2016 son los menos caudalosos.

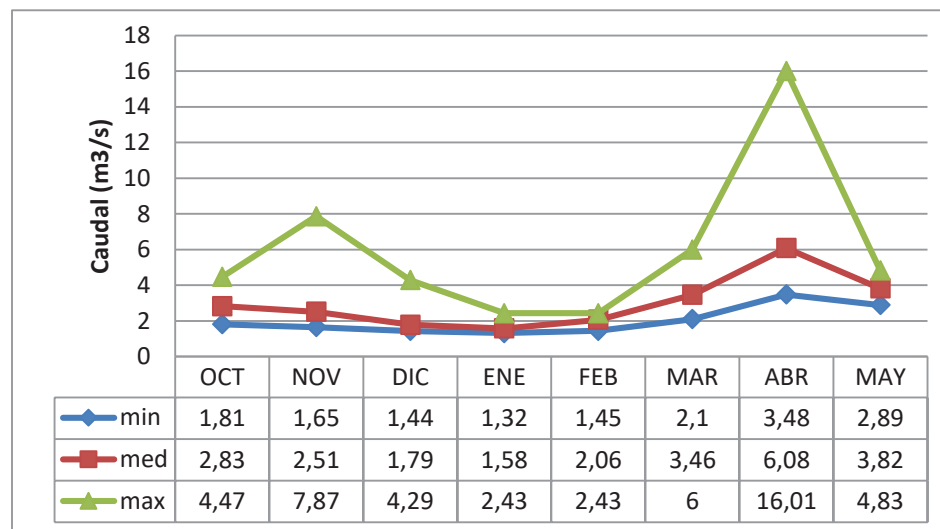
4.2 RESULTADOS DE LA CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en la fase de campo, se elaboró una matriz con los valores de las variables hidromorfológicas del río Ambato en cada sitio de muestreo, detallados en la Tabla 4.1

Estos resultados indican:

- Los sitios de muestreo de la microcuenca alta, presentan un valor de 30 puntos, que indican una buena calidad hidromorfológica, esto se debe a que las condiciones de sus variables no presentan mayores alteraciones.
- En la microcuenca media y baja, todos los sitios de muestreo presentan valores menores a 20, debido a que las condiciones de sus variables presentan fuertes disturbios producto de las diferentes actividades antropogénicas como desbroce de

la cobertura vegetal de las riberas del río, presencia de basura, entre otras, lo que indica una mala calidad hidromorfológica.



Fuente: HGPT, 2016
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.1: Caudal río Ambato, durante los meses de muestreo 2015-2016.

Tabla 4.1: Calidad Hidromorfológica en los diferentes puntos de muestreo de la microcuenca del río Ambato.

Microcuenca	Sitios de muestreo	RCF	CR	CV	PBE	NC	CS	RV-PR	EH	Puntaje	Calidad
Alta	P 1-M1	2	3	3	5	5	5	3	4	30	Buena
Alta	P 1-M2	2	3	3	5	5	5	3	4	30	Buena
Alta	P 1-M3	2	3	3	5	5	5	3	4	30	Buena
Media	P 2-M1	3	3	2	2	1	4	2	2	19	Mala
Media	P 2-M2	3	3	2	2	1	4	2	2	19	Mala
Media	P 2-M3	3	3	2	2	1	4	2	2	19	Mala
Baja	P 3-M1	1	1	2	2	3	3	2	1	15	Mala
Baja	P 3-M2	1	1	2	2	3	3	2	1	15	Mala
Baja	P 3-M3	1	1	2	2	3	3	2	1	15	Mala

Simbología: RCF= Ribera y Canal Fluvial; CR=Continuidad de ribera; CV= Conectividad de vegetación; PBE= Presencia de basuras y escombros; NC= Naturalidad del canal; CS= Composición de sustrato; RV-PR= Régimen de Velocidad y profundidad del río; EH = Elementos de heterogeneidad.

Elaborado por: Xavier Carvajal

4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS

Para una mejor comprensión de la relación del componente biótico y la determinación de calidad del agua del río Ambato, se realiza la siguiente descripción de las principales de las familias de macroinvertebrados registrados durante el período 2015-2016 (Ver Anexo N°13, fotografías 9 a 13), utilizando las descripciones bibliográficas de Álvarez (2005), Domínguez y Fernández (2009) y Hanson, *et al.* (2010):

Familia Lumbriculidae

Las especies de esta familia, suelen encontrarse en los sedimentos, principalmente de medios lóticos, pudiendo ser muy abundantes en aguas ricas en materia orgánica, pero son muy sensibles a la contaminación química, pudiendo vivir en condiciones de anoxia, por lo que no se les considere útiles como indicadores de alta calidad. Su reproducción es sexual, con una generación al año, pudiendo llegar a formar poblaciones muy abundantes cuando las condiciones son favorables.

Familia Tubificidae

Los gusanos pertenecientes a esta familia viven en medios acuáticos, su cuerpo es delgado y color rojizo, son de tamaño pequeño en relación con otros gusanos, pueden tener una especie de probóscide en la cabeza, su coloración se debe a la presencia de pigmentos respiratorios, lo que les permite vivir en condiciones de falta de oxígeno en sedimentos muy contaminados.

Familia Chordodidae

También comúnmente conocidos como gusanos del pelo, son habitantes de agua dulce, de vida libre en su etapa larvaria, luego infectan al huésped en donde se desarrollan hasta llegar a su estado juvenil y crecen hasta el tamaño adulto dentro de su huésped, se los considera como indicadores de mala calidad de agua.

Familia Dugesiidae

Conocidas comúnmente como planarias, debido a la forma aplanada de su cuerpo, su cabeza es triangular y tienen ojos relativamente grandes en la parte dorsal de la

cabeza. Habitan diferentes tipos de sustrato y de condiciones de corriente, siendo en general termófilas. Son activas predatoras de pequeños invertebrados, pudiendo ser muy resistentes a la polución orgánica.

Familia Limnaeidae

Grupo de caracoles, cuyas especies pueden alcanzar los 20mm. Prefieren aguas más tranquilas, donde están asociados a sustratos pedregosos y macrófitas. Su alimentación es de tipo omnívora, incluyendo algas, macrófitas, detritus e incluso cadáveres de invertebrados. Pueden ser tolerantes a contaminantes orgánicos.

Familia Sphaeriidae

Pequeña almeja hermafrodita de concha blanquecina cuyo tamaño es menor a los 3 cm. Se encuentran presentes en una gran variedad de hábitats acuáticos, generalmente en aguas con indicios de contaminación, siendo organismos filtradores que se encuentran enterrados o semienterrados en los sedimentos finos o arenosos,

Familia Hyalellidae

Organismos de cuerpo comprimido lateralmente de coloración blanquecina o amarillenta, la primera antena no tiene flagelo accesorio, presentan ojos y no tienen palpo mandibular. Las placas coxales de los pereiópodos son muy desarrolladas. Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones. Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas

Familia Hydrachnidae

Los ácaros acuáticos se caracterizan por sus colores llamativos, rojos, azules, violetas, etc. Tienen un cuerpo globoso generalmente pero también los puede haber, vermiformes, comprimidos o deprimidos. Considerados como depredadores ya que pueden alimentarse de huevos, larvas y pupas de otros insectos acuáticos. Habitan entre los lechos rocosos del río o entre la vegetación en descomposición.

Familia Elmidae

Escarabajos que viven en ríos y arroyos, tanto de larvas como de adultos. Colonizan hábitats muy variados, pero suelen estar asociados a zonas donde se acumulan restos vegetales, de los cuales se alimentan. Precisan de aguas frías ricas en oxígeno, lo que hace que se les asocie a aguas con de buena calidad.

Familia Hydrophilidae

Escarabajos relacionados con los bentos y a la vegetación acuática, e incluso algunas es más habitual encontrarlas en los intersticios del sustrato de la zona riparia. Tienen ciclos de vida muy variados, pudiendo formar poblaciones muy abundantes cuando las condiciones climáticas y ecológicas le son favorables. Soportan cierta cantidad de contaminación y no son muy exigentes en los niveles de oxígeno.

Familia Blepharicidae

Grupo de dípteros adaptados para vivir en tramos de fuerte corriente. Las larvas poseen ventosas ventrales y uñas fuertes. Suelen hallarse en tramos con aguas frías, lo que hace que se localicen sobre todo en zonas de montañas. Son muy sensibles a cualquier contaminación, por lo que son indicadores de buena calidad del agua.

Familia Ceratopogonidae

Dípteros cuyas larvas son generalmente delgadas, alargadas y cilíndricas. Se pueden localizar en hábitats como fangos o arena húmeda a orilla de pantanos, charcos ríos y aguas salobres semi acuáticos y terrestres bajo la corteza de madera húmeda. Estos organismos son tolerantes a la contaminación orgánica.

Familia Chironomidae

Larvas de forma cilíndrica, delgadas y curvadas, presentan propatas protorácicas y terminales. Son considerado uno de los grupo taxonómico más diversificados de insectos en medios acuáticos, pudiendo distribuirse desde aguas dulces y limpias hasta aguas saladas con presencia de contaminación, pudiendo tolerar condiciones de ausencia casi total de oxígeno.

Familia Culicidae

Estas larvas de dípteros suelen habitar aguas estancadas, distribuyéndose entre la superficie, donde respiran aire atmosférico, y el fondo, donde remueven el sustrato para alimentarse. Su presencia en los cuerpos de agua se los asocia negativamente a ríos con bajo caudal o de una mayor carga orgánica, por lo que son indicadores de mala calidad de agua.

Familia Dolichopodidae

Larvas de forma cilíndrica, blanquecinas, algo azuladas, extremo posterior a veces redondeado o terminando en 4 o más lóbulos. Son predatoras y se los encuentra en vegetación en descomposición, debajo de troncos caídos, siendo tolerantes a aguas con carga orgánica y con indicios de contaminación.

Familia Muscidae

Larvas de forma subcilíndrica, región anterior puntiaguda. Pueden ser saprófagas, predatora, pudiendo encontrarse en aguas dulces con presencia de material orgánico de origen vegetal en descomposición. Se los relaciona con aguas con indicios de contaminación orgánica.

Familia Psychodidae

Larvas con presencia de placas en el dorso de su cuerpo y un sifón en el extremo con el que respiran aire de la atmósfera. Habitan en tramos muy diversos, tanto lóticos como lénticos, existiendo especies adaptadas incluso a cloacas, fosas sépticas o plantas de tratamientos y depuración de aguas residuales, por lo que su presencia se los relaciona con aguas fuertemente contaminadas.

Familia Simuliidae

Sus larvas presentan una cabeza con un par de abanicos plegables en el labrum dorsolateralmente y su segmento apical termina en un círculo radial de ganchos muy pequeños. Se desarrollan en aguas oxigenadas por lo que se encuentran en ríos torrentosos. Son importantes dentro de la cadena trófica.

Familia Tabanidae

Larvas de cuerpo cilíndrico con prolongaciones cortas o pseudópodos en cada segmento abdominal, presentando un sifón en su último segmento abdominal. Habitan en torrentes sobre la arena y gravas del fondo, inclusive colonizan aguas estancadas, son predadoras y pueden soportar cierto grado de polución orgánica.

Familia Tipulidae

El cuerpo de las larvas es cilíndrico, su cabeza se contrae dentro del tórax y generalmente la parte final del abdomen termina en forma de disco. Se los encuentra desde arroyos de corrientes rápidas a lagunas o charcas temporales, viviendo enterrados en zonas de limos, lodos o arena en el fondo del cauce. Se los relaciona con aguas que presentan niveles altos de contaminación.

Familia Baetidae

Ephemeropteros de forma generalmente cilíndrica, considerados como buenos nadadores, pudiendo incluso nadar contra la corriente con sustratos pedregosos. Existen especies que son muy sensibles a la contaminación, otras especies de esta familia son tolerantes a niveles moderados de contaminación orgánica.

Familia Leptophlebiidae

Ephemeropteros que habitan en ríos, de carácter general lótico. Se alimentan de hojarasca en descomposición, hongos, algas y detritus. Son en general un grupo que no tolera la contaminación ni las alteraciones de la vegetación de ribera, lo que hace sean considerados como buenos indicadores de calidad.

Familia Pyralidae

Larvas semiacuáticas de cuerpo robusto, aplanado y ancho con la cabeza aplanada. En hábitos acuáticos se los encuentra en perforaciones realizadas en tallos de plantas que han caído al agua. Son tolerantes a bajos niveles de contaminación.

Familia Gripopterygidae

Plecoptero que presentan una morfología similar a la de un insecto primitivo, en las ninfas, el tórax es casi aplanado dorso-ventralmente, mientras que el abdomen es alargado y más o menos cilíndrico, las branquias pueden estar ausentes o presentes en el submentón. Por su reacción a la contaminación se los considera indicadores de buena calidad de agua.

Familia Perlidae

Estas especies de Plecopteros presentan dos uñas en todas sus patas, carecen de agallas laterales en los segmentos abdominales, algunas especies pueden tener agallas ventrales filamentosas en los primeros dos o tres segmentos. Se desarrollan en sistemas lóticos con sustratos pedregosos y aguas muy oxigenadas, por tal razón se los considera indicadores de buena calidad de agua.

Familia Glossosomatidae

Trichopteros cuyas larvas se desarrollan en sistemas lénticos y lóticos, principalmente sobre el sustrato pedregoso de ríos, arroyos con corriente pero no muy profundos. Construyen unos estuches minerales de fondo plano y con dos aberturas, los cuales les permiten estar protegidos mientras se alimentan raspando la superficie del sustrato. Están considerados como buenos indicadores de la calidad del agua.

Familia Helicophidae

Estas especies de Trichopteros se desarrollan en sistemas lóticos con corrientes rápidas y lentas. Construyen estuches espirales, presenta una uña anal con hilera de pelos. Se alimentan raspando algas que se desarrollan sobre las piedras. Están considerados como buenos indicadores de la calidad del agua.

Familia Hydrobiosidae

A diferencia de otras especies pertenecientes al orden Trichoptera, estas son de vida libre y no construyen estuches y se desarrollan en aguas frías torrentosas. Su boca se caracteriza por estar dirigida hacia adelante. Están considerados como buenos indicadores de la calidad del agua.

Familia Hydroptilidae

Tricópteros de pequeños tamaño, algunos de cuyos estuches pueden recordar a semillas de plantas. Los estuches se construyen con hilos de seda, a los que a veces adhieren granos de arena o fibras vegetales. Viven en zonas de corriente no elevada fijados al sustrato o a las macrófitas. Parecen ser capaces de tolerar cierta carga de materia orgánica.

Familia Leptoceridae

Grupo de Trichopteros con estuches largos de variada composición. La mayoría vive en aguas con baja velocidad, pero algunas especies viven en tramos más lóticos. Gran parte de las especies se caracterizan por tener el tercer par de patas mucho más largo. Son sensibles a la contaminación, por lo que su presencia se considera como indicadora de buena calidad.

Familia Limnephilidae

Grupo de Trichopteros compuesto de muchas especies con un amplio rango de hábitats. Sus estuches son muy variados, pudiendo estar hechos de trozos de hojas, de ramitas, arena o gravilla. Se alimenta de algas, restos de hojas o detritus. Requieren altos niveles de oxígeno, por lo que se les considera como indicadores de buena calidad.

Familia Odontoceridae

Trichoptero cuyo cuerpo presenta una ligera coloración verdosa. Se encuentra en tramos altos de ríos y arroyos de montaña. Presentan un estuche típico construido con arena y que posee una piedra de mayor tamaño en la parte posterior siendo ligeramente curvado. Es muy sensible a la contaminación, por lo que su presencia es considerada indicadora de buena calidad.

Familia Philopotamidae

Trichopteros con larvas libres, que no construyen estuches, se encuentran en zonas de montaña. Suelen tener la cabeza de color naranja. Construyen redes de seda que usan para alimentarse. Ello les hace tolerar pequeños incrementos de materia

orgánica, pero el hecho de que requieran una elevada concentración de oxígeno hace que se les considere como un grupo indicador de buena calidad.

Familia Polycentropodidae

Trichoptero caracterizado por sus largos pseudópodos anales. Habitan tanto ambientes lóticos como zonas lénticas. Construyen redes de seda con las que capturan los pequeños invertebrados de los que se alimentan, aunque también pueden actuar como depredadores activos. Si bien soportan cierta mineralización de las aguas, son sensibles a la reducción de oxígeno, por lo que se les asocia con un estado de calidad del agua moderadamente buena.

4.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PERÍODO DE SEQUÍA 2015-2016

La comunidad de macroinvertebrados registradas en la microcuenca del río Ambato para este período (Anexo N° 11), es de 7,339 individuos distribuidos en: 4 phylum, 6 clases, 13 órdenes, 34 familias y 42 géneros. Dentro de los macroinvertebrados reportados, se destaca la presencia del Orden Ephemeroptera con un total de 4046 individuos equivalentes al 55.13% del total de especies colectadas, también se registran individuos del orden Diptera con el 28.68%, el restante 16.19% está conformado por los 11 órdenes.

Microcuenca Alta

En cuanto a la composición de macroinvertebrados en los sitios de muestreo de la microcuenca alta del río Ambato, se registró un total de 3,598 individuos, pertenecientes a 13 órdenes, 34 familias y 42 especies (Tabla 4.2). Los órdenes que presentan mayor presencia de individuos para el período de sequía son: Ephemeroptera que representa el 50.58% de individuos registrados, seguido de Diptera con el 33.91%, Coleoptera con el 5.56% y Trichoptera con el 2.81%, el resto de ordenes representan el 7.14%.

Las familias más frecuentes en este período son: Blephariceridae, Simuliidae, Baetidae, que estuvieron presentes en todos los meses y sitios de muestreo, para el

caso de Dugesiidae, Elmidae, Gripopterygidae y Limnephilidae su presencia se registró en todos los meses de sequía sin embargo estuvieron ausentes en algunos puntos de muestreo. Para el resto de familias su frecuencia varía de acuerdo al sitio de muestreo y al mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Baetodes* sp., con 1,233 individuos; *Simulium* sp., con 877 individuos; *Camelobaetidius* sp., con 586 individuos; *Paltostoma* sp., con 210 individuos y *Neoelmis* sp., con 200 individuos, el resto de especies registran frecuencias menores a 100 individuos.

La Figura 4.2 muestra los valores de abundancia obtenidas en esta microcuenca, señalando que los meses con menor número de macroinvertebrados son octubre de 2015 con 248 individuos y noviembre de 2015 con 207 individuos, para el mes de diciembre de 2015 se incrementa los niveles de abundancia, registrando 846 individuos, para el mes de enero de 2016 se registra la mayor abundancia con 1306 individuos colectados, disminuyendo para febrero de 2016 a 991 individuos. El sitio de muestreo menos abundante fue P1-M3 del mes de noviembre de 2015 registrando únicamente 43 individuos; y el sitio de muestreo más abundante fue P1-M1 registrando 515 individuos. Existe una tendencia al aumento de abundancia de individuos conforme el período de lluvias se aproxima.

El índice de Shannon (Figura 4.3), indica una diversidad de macroinvertebrados media-baja, registrando valores mínimos de 1.54 (P1-M1 del mes de noviembre del 2015) a máximos de 2.04 (P1-M3 del mes de febrero de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.3), indica que en la microcuenca alta no existe dominancia de alguna especie en particular, registrando valores que van desde 0.16 (valor mínimo registrado en el P1-M3 del mes de octubre de 2015) hasta 0.29 (valor máximo registrado en el P1-M1 del mes de noviembre de 2015).

El índice de Margalef (Figura 4.3), indica que estos sitios poseen una riqueza media-baja, siendo el P1-M3 del mes de febrero de 2016 con el mayor índice (3.48) y el P1-M2 del mes de octubre de 2015, el de menor índice (1.75).

El índice de equitatividad de Pielou (Figura 4.3), indica una tendencia a la distribución de los macroinvertebrados en el hábitat en los sitios de muestreo, presentando valores que van desde 0.6 (Varios puntos en varios meses) hasta 0.9 (P1-M3 del mes de octubre de 2015).

El Índice EPT, en los sitios de muestreo de la microcuenca alta del río Ambato (Figura 4.4), presenta los siguientes porcentajes: Para el mes de octubre de 2015 se obtuvieron porcentajes que van desde 33.3% a 43.69%, lo que indica que las aguas presentan una calidad regular. Para los meses de noviembre a diciembre de 2015 y los meses de enero a febrero de 2016, en todos los sitios de muestreo, presentan porcentajes que van desde 50.5% hasta 66% indicando que el agua en estos meses es de buena calidad.

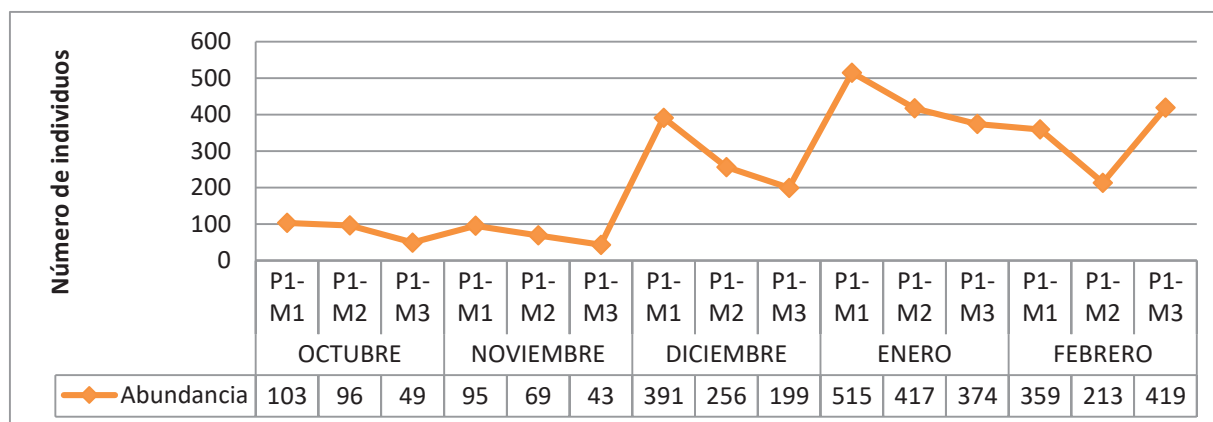
En cuanto al Índice BMWP/Col en los sitios de muestreo de la microcuenca alta del río Ambato (Figura 4.5), las aguas registran las siguientes categorías:

- Durante los meses de octubre y noviembre de 2015, el índice de BMWP/Col, indica valores que van desde los 49 hasta 55, es decir que son aguas de categoría III, con una calidad dudosa es decir, aguas moderadamente contaminadas.
- Para los meses de diciembre de 2015 y enero de 2016, el índice BMWP/Col presenta valores que van desde 71 a 103, lo que indica que las aguas en estos meses están dentro de una categoría II, con un índice de calidad aceptable, es decir, aguas ligeramente contaminadas.
- Para el mes de febrero de 2016, el índice presenta un incremento, con valores que van desde 109 hasta 111, lo que indica que las aguas están dentro de una categoría I, con un índice de calidad buena, es decir, aguas muy limpias.
- El índice más bajo se registró en el P1-M2 del mes de noviembre de 2015 con 49 y el índice más elevado se registró en el P1-M1 del mes de febrero de 2016.

Tabla 4.2. Composición de macroinvertebrados de la microcuenca alta del río Ambato para el período de sequía 2015-2016.

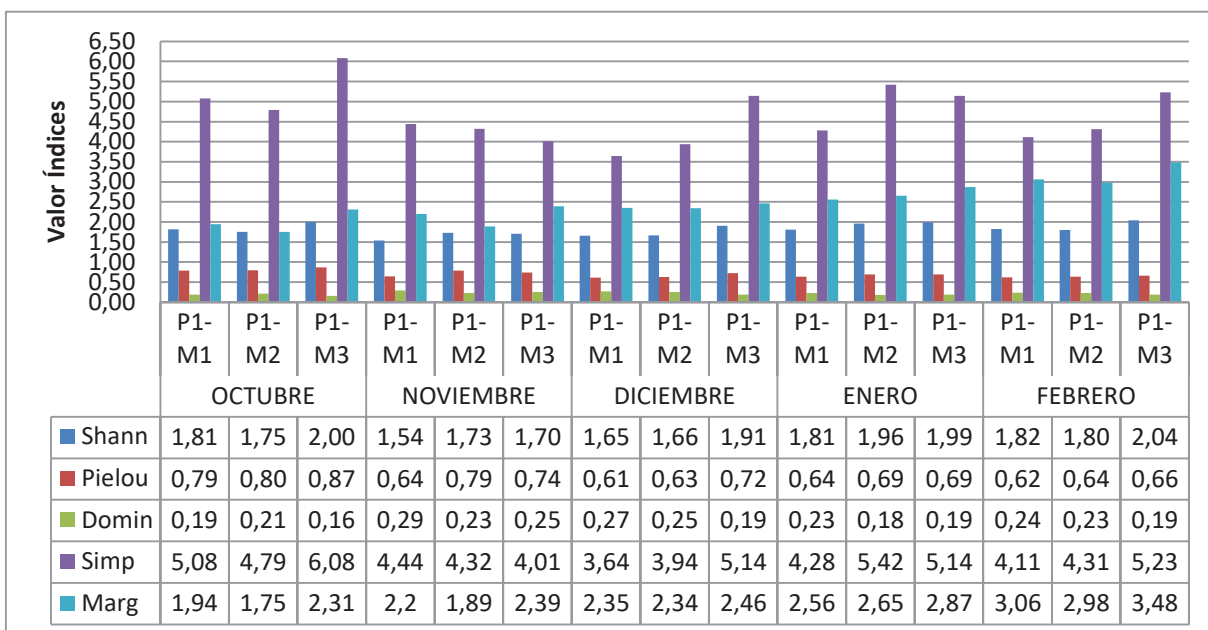
Orden	Familia	Género	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			
			P1-M1	P1-M2	P1-M3	P1-M1	P1-M2	P1-M3	P1-M1	P1-M2	P1-M3	P1-M1	P1-M2	P1-M3	P1-M1	P1-M2	P1-M3	
Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.														2		
	Tubificidae	Limnodrilus sp.							1		1	3		1	2	1	1	
Gordioidea	Chordodidae	Neochordodes sp.			1			1				3				2		
Tricladida	Dugesidae	Dugesia sp.	9	7	3	1		1	13	4		17	4	10	9	3	12	
Veneroida	Sphaeriidae	Sphaerium sp.	1									1	1					
Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	1		5	1	2		1	10	3	3	25	8	4	1	7	
Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.			1						3	1				1		
Coleoptera	Elmidae	Neelmis sp.	9	8	6	3	6	1	12	4	21	17	51	19	14		29	
Diptera	Blephariceridae	Paltostoma sp.	10	8	9	3	6	1	22	1	15	46	8	30	7	18	26	
	Ceratopogonidae	Probezzia sp.			1						1	4	5	1	3	3	2	
	Chironomidae	Limnophyes sp.					2			9	6	6	15	9	13	7		
		Cricotopus sp.					1	1	3									2
		Podonomus sp.								1	15							1
		Hemerodromia sp.													1			3
	Simuliidae	Simulium sp.	28	26	6	36	13	11	127	82	47	97	79	83	75	69	98	
	Tabanidae	Tabanus sp.							1		1							
	Tipulidae	Molophilus sp.										2	3	4	1	3	3	
	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	14	15		12	11	6	35	40	32	93	91	63	73	34	67
Baetodes sp.			29	29	14	34	27	17	154	89	61	202	118	121	141	65	132	
	Leptophlebiidae	Farrodes sp.															1	
Plecoptera	Gripopterygidae	Claudioperla sp.	1	1	3			1	1	6	1				4	3	15	
	Perlidae	Anacroneuria sp.											1					
Trichoptera	Glossosomatidae	Culoptila sp.									1	5		5	4	2	2	
	Helicophidae	N.D.				1		1					1	4	1	1		
	Hydrobiosidae	Atopsyche sp.		1					2				1		1			
	Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.								1				1	3	2	7	
	Leptoceridae	Nectopsyche sp.								1	1		3	2	1	1		
	Limnephilidae	Anomalocosmoecus sp.	1	1			2		4		2	2			5	3	4	
	Philopotamidae	N.D. 1											1	2	3	4	3	1
N.D. 2																		
	Polycentropodidae	Cerotina sp.				1			3								2	

Elaborado por: Xavier Carvajal



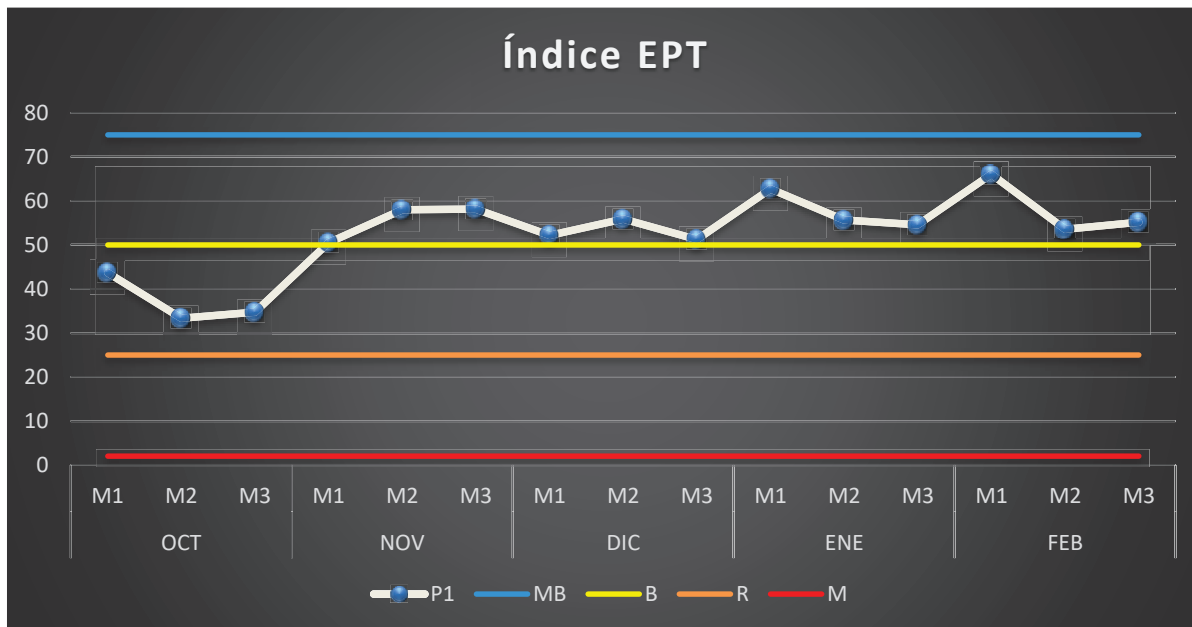
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.2. Abundancia de macroinvertebrados registrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



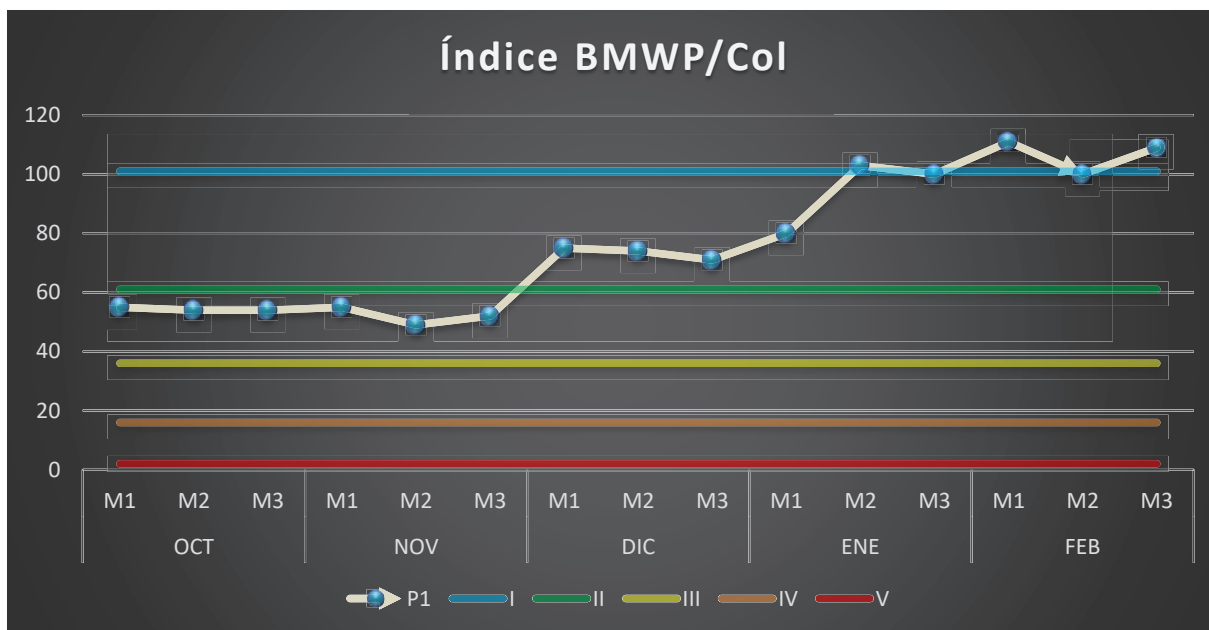
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.3. Índices Ecológicos registrados la microcuenca alta del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.4. Valores de EPT registrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.5. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de sequía 2015-2016

Microcuenca Media

En cuanto a la composición de macroinvertebrados en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río Ambato, se registró un total de 3,392 individuos, pertenecientes a 9 órdenes, 14 familias y 17 especies (Tabla 4.3). Los órdenes que presentan mayor presencia de individuos para el período de sequía son: Ephemeroptera que representa el 65.62% de individuos registrados, seguido de Clitellata con el 17.31%, Diptera con el 16.68%, el resto de ordenes representan el 0.39%.

Las familias más frecuentes en este período son: Tubificidae y Baetidae, que estuvieron presentes en todos los meses y sitios de muestreo, para el caso de las familias Chironomidae y Simuliidae su presencia se registró en todos los meses de sequía sin embargo estuvieron ausentes en algunos puntos de muestreo. Para el resto de familias su frecuencia varía de acuerdo al sitio de muestreo y al mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Camelobaetidius* sp., con 2,226 individuos; *Limnodrilus* sp., con 583 individuos y *Limnophyes* sp., con 465 individuos, el resto de especies registran frecuencias menores a 100 individuos.

La Figura 4.2 muestra los valores de abundancia obtenidas en la microcuenca media, señalando que el mes con menor número de macroinvertebrados es octubre de 2015 con 199 individuos, la abundancia se incrementa para los meses de noviembre a 522 individuos y para diciembre de 2015 su número aumenta a 525 individuos, para los meses de enero y febrero de 2016 se registra la mayor abundancia con 1,053 y 1,093 individuos respectivamente. El sitio de muestreo menos abundante fue P2-M1 del mes de octubre de 2015, registrando únicamente 56 individuos y el sitio de muestreo más abundante fue P2-M1 registrando 402 individuos. Al igual que en la microcuenca alta, existe una tendencia al aumento de abundancia de individuos conforme el período de lluvia se aproxima.

El índice de Shannon (Figura 4.7), indica una diversidad de macroinvertebrados baja, registrando valores mínimos de 0.56 (P2-M2 del mes de noviembre del 2015) a máximos de 1.15 (P2-M3 del mes de enero de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.7), indica que en la microcuenca media existe la dominancia del taxón *Camelobatidius* sp., perteneciente al orden Ephemeroptera, siendo el más frecuente y abundante la mayor parte de este período, presentando valores que van de 0.38 (P2-M1 del mes de enero de 2016) hasta 0.87 (P2-M2 del mes de noviembre de 2015).

El índice de Margalef (Figura 4.7), indica que estos sitios poseen una riqueza baja, siendo el P2-M3 del mes de octubre de 2015 con el menor índice (0.72) y el P2-M1 del mes de diciembre de 2015, el de mayor índice (1.6).

El índice de equitabilidad de Pielou (Figura 4.7), indica que las comunidades de macroinvertebrados no presentan una tendencia a la distribución en el hábitat,

presentando valores de 0.19 (P2-M2 del mes de noviembre de 2015) a 0.66 (P2-M1 y P2-M2 del mes de octubre de 2015).

El Índice EPT en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río Ambato (Figura 4.8), presenta los siguientes porcentajes: En el mes de octubre de 2015 se obtuvieron porcentajes que van desde 64.1% a 70.77%, lo que indica que las aguas presentan una calidad buena. Para los meses de noviembre a diciembre de 2015 y los meses de enero a febrero de 2016 presentan porcentajes que van desde 79.7% hasta 93.2%, lo que indica que la calidad de agua en estos meses son de excelente calidad. Para los meses de enero y febrero de 2016, presentan porcentajes que van desde 50.7% hasta 64.6% lo que indica que el agua en estos meses son de buena calidad.

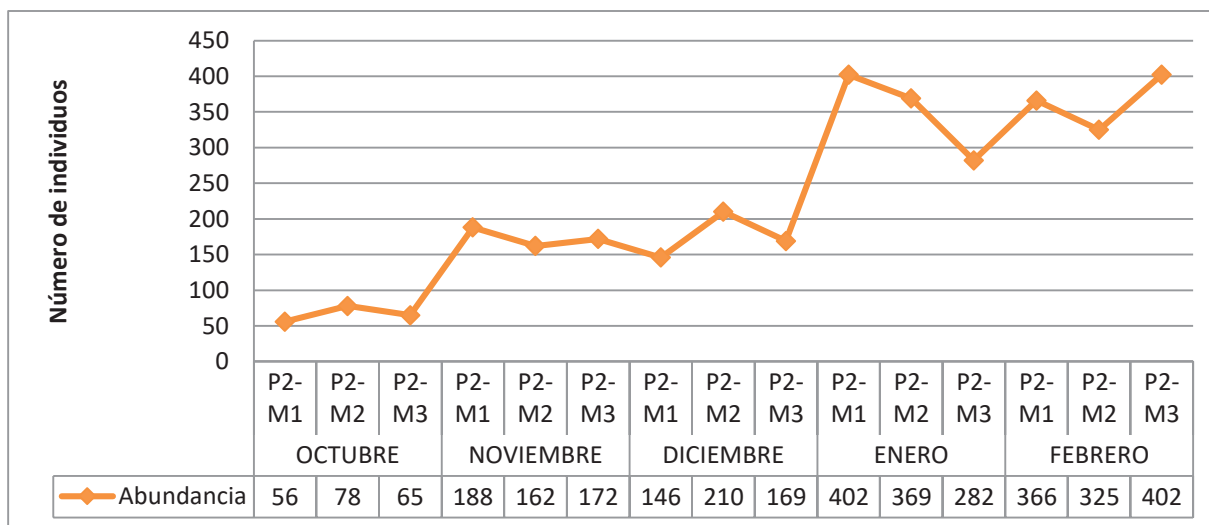
En cuanto al índice BMWP/Col (Figura 4.9), en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río Ambato se registran las siguientes categorías:

- Durante el mes de octubre de 2015, se obtienen valores que van desde 11 hasta 13, presentando una categoría V, siendo aguas con contaminación muy crítica.
- Para el mes de noviembre de 2015, se obtiene valores que van desde 15 hasta 16 ubicándose en las categorías IV y V, siendo aguas con contaminación crítica a muy crítica.
- Para los meses de diciembre de 2015 a febrero de 2016, se obtiene valores que van desde 17 hasta 25, correspondiendo a la categoría IV, lo que indica que las aguas presentan una contaminación crítica.
- El índice más bajo se registró en el P2-M3 del mes de noviembre de 2015 con un valor de 11 y el valor más alto se registró en el P2-M1 del mes de diciembre de 2015.
- El registro de índices bajos durante todo el período de sequía, indican que las aguas del río en esta microcuenca, se encuentran fuertemente contaminadas.

Tabla 4.3. Composición de macroinvertebrados de la microcuenca media del río Ambato para el período de sequía 2015-2016.

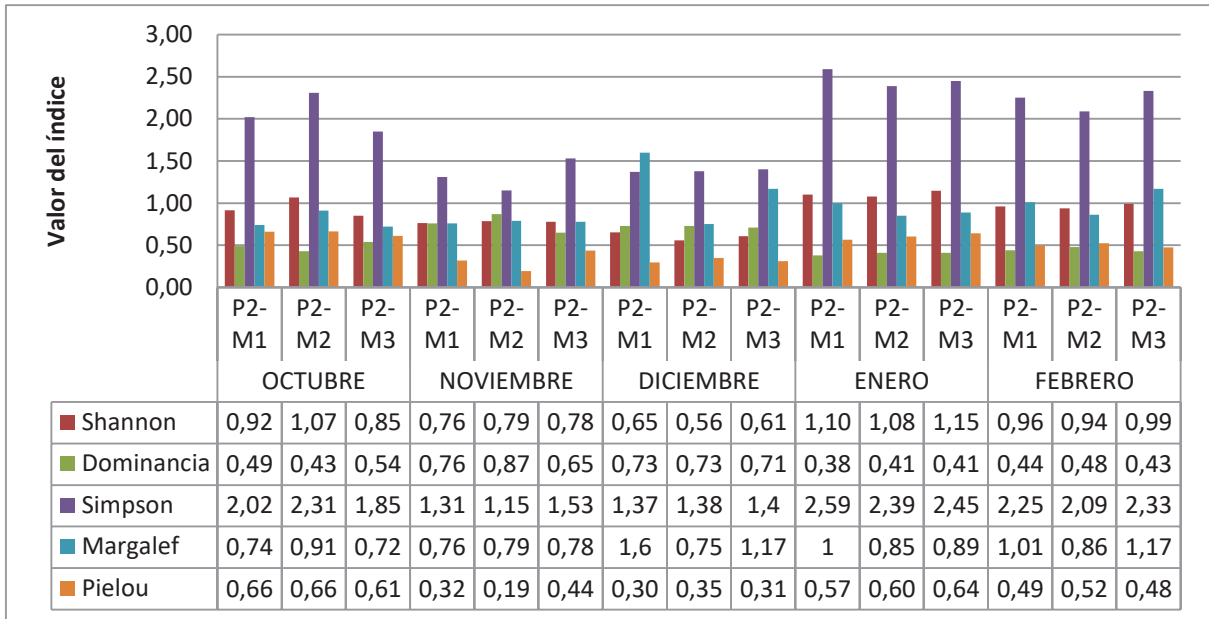
Orden	Familia	Género	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO		
			P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3
Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.		1			1					1			1		
	Tubificidae	Limnodrilus sp.	6	12	7	2	8	3	11	4	2	56	56	48	155	64	149
Tricladida	Dugesidae	Dugesia sp.									2						
Pulmonata	Limnaeidae	Lymnaea sp.									1				3	1	1
Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.							1								1
Coleoptera	Elmidae	Neelmis sp.								1							
Diptera	Ceratopogonidae	Probezzia sp.			1		1					1	1	1			
	Chironomidae	Limnophyes sp.	12	5	11	17		21	5	25	21	132	83	43	10	48	32
		Polypedilum sp.							1								2
		Hemerodromia sp.				1		1				1	1			1	
	Muscidae	Limnophora sp.															1
		Musca sp.							1					2			
	Psychodidae	Clogmia sp.							1		1						
	Simuliidae	Simulium sp.	1	10		5	1	10	1	3	1	7	12	21	8	1	1
Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	37	50	46	163	151	137	124	177	141	204	216	167	188	210	215
Lepidoptera	Pyralidae	N.D.							1								
Trichoptera	Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.													1		

Elaborado por: Xavier Carvajal



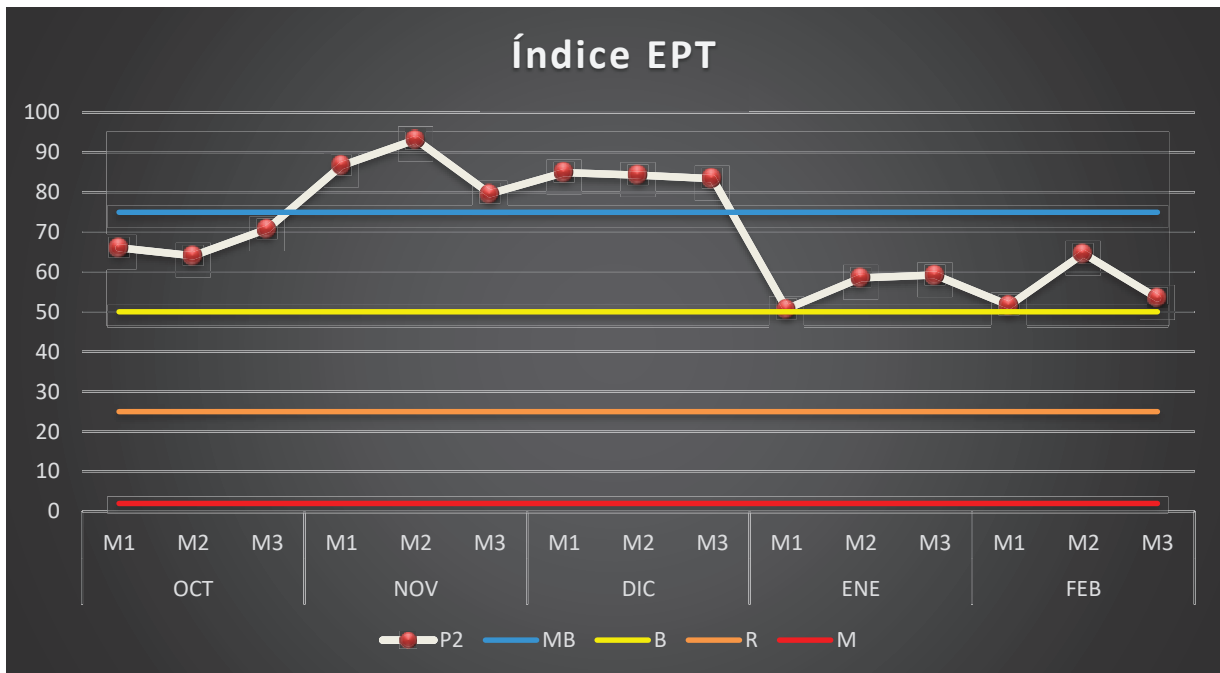
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.6. Abundancia de macroinvertebrados registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



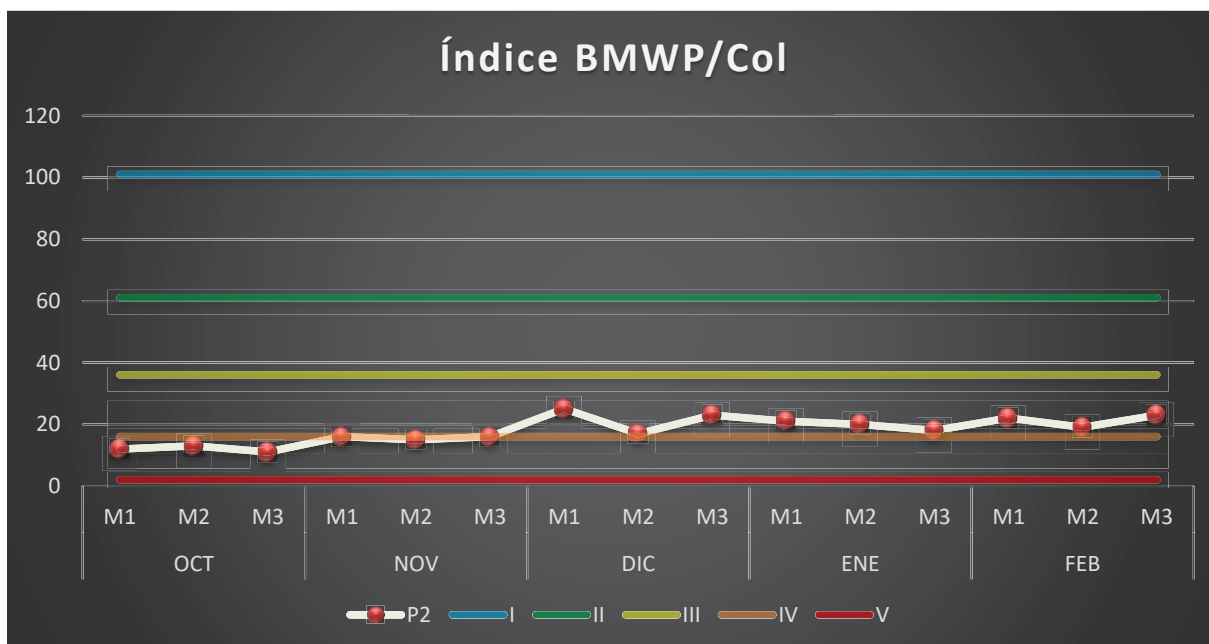
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.7. Índices Ecológicos registrados en la microcuena media del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.8. Valores de EPT registrados en la microcuena media del río Ambato para el período de sequía 2015-2016.



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.9. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de sequía 2015-2016

Microcuenca Baja

En cuanto a la composición de macroinvertebrados registrados en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, se registró un total de 349 individuos, pertenecientes a 4 órdenes, 9 familias y 12 especies (Tabla 4.4). Los órdenes que presentan mayor presencia de individuos para este período son: Diptera que representa el 91.40% de individuos, seguido de Clitellata con el 7.74%, Pulmonata con el 0.57% y Coleoptera con el 0.29%.

La familia más frecuente en este período es Psychodidae que estuvo presente en todos los meses y sitios de muestreo, para el caso de las familias Chironomidae y Tubificidae su presencia se registró en casi todos los meses, sin embargo estuvieron ausentes en algunos sitios de muestreo. Para el resto de familias su frecuencia fue mínima y varía de acuerdo al sitio y mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Psychoda* sp., con 170 individuos; *Clogmia* sp., con 114 individuos; *Limnophyes* sp., con 21 individuos y *Limnodrilus* sp., con 20 individuos, el resto de especies registran frecuencias menores a 10 individuos.

La Figura 4.10 muestra los valores de abundancia obtenidas en la microcuenca baja, siendo el mes de estudio que presenta mayor abundancia de macroinvertebrados febrero de 2016 con 97 individuos, sin embargo el sitio de muestreo que registró la mayor cantidad de individuos fue P3-M1 del mes de diciembre de 2015 identificando 43 individuos.

Durante este período, se puede observar una variación en la frecuencia de macroinvertebrados en los meses de estudio, presentando aumentos y descensos de las especies, es así que en los meses del año 2015 se registran: para octubre, una cantidad de 67 individuos; noviembre con 57 individuos y diciembre con 83 individuos; para el año 2016 se registra: enero con 45 individuos y febrero con 87 individuos.

El índice de Shannon (Figura 4.11), indica una diversidad de macroinvertebrados baja, registrando valores mínimos de 0.46 (P3-M3 del mes de noviembre del 2015) a máximos de 1.22 (P3-M3 del mes de febrero de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.11), indica que no existe dominancia de alguna especie, presentando valores que van desde 0.23 (valor mínimo registrado en el P3-M3 del mes de diciembre de 2015) hasta 0.77 (valor máximo registrado en el P3-M3 del mes de noviembre de 2015).

El índice de Margalef (Figura 4.11) indica que estos sitios poseen una riqueza muy baja, siendo el P3-M1 del mes de enero de 2016 el de menor índice (0,4) y el P3-M3 del mes de diciembre de 2015 el de mayor índice (2.56).

El índice de equitabilidad de Pielou indica que las comunidades de macroinvertebrados presentan una tendencia a la distribución en el hábitat, presentando valores que van desde 0.42 hasta 0.92.

Esta microcuenca en general presenta valores bajos para cada índice ecológico, indicando que la esta microcuenca posee una diversidad y riqueza baja.

No se registra Índice EPT en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, debido a que en este sector no presenta individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera, lo que indican que las aguas del río son de mala calidad.

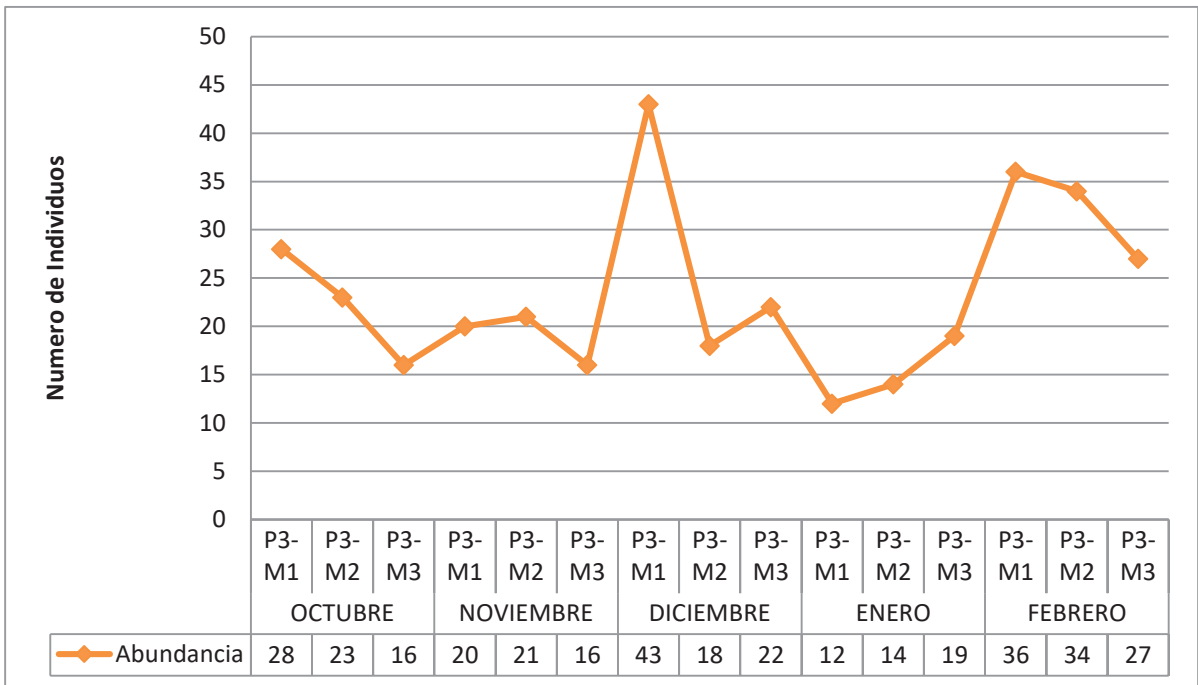
En cuanto al índice BMWP/Col en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, las aguas presentan valores que van desde 3 hasta 9, ubicándose en una clase V, con calidad muy crítica, es decir, aguas fuertemente contaminadas.

La Figura 4.12, muestra los valores bajos que registra el del índice BMW/Col, indicando que la calidad de agua del río es muy baja río. Estos índices de contaminación son permanentes durante el período de sequía.

Tabla 4.4. Composición de macroinvertebrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de sequía 2015-2016.

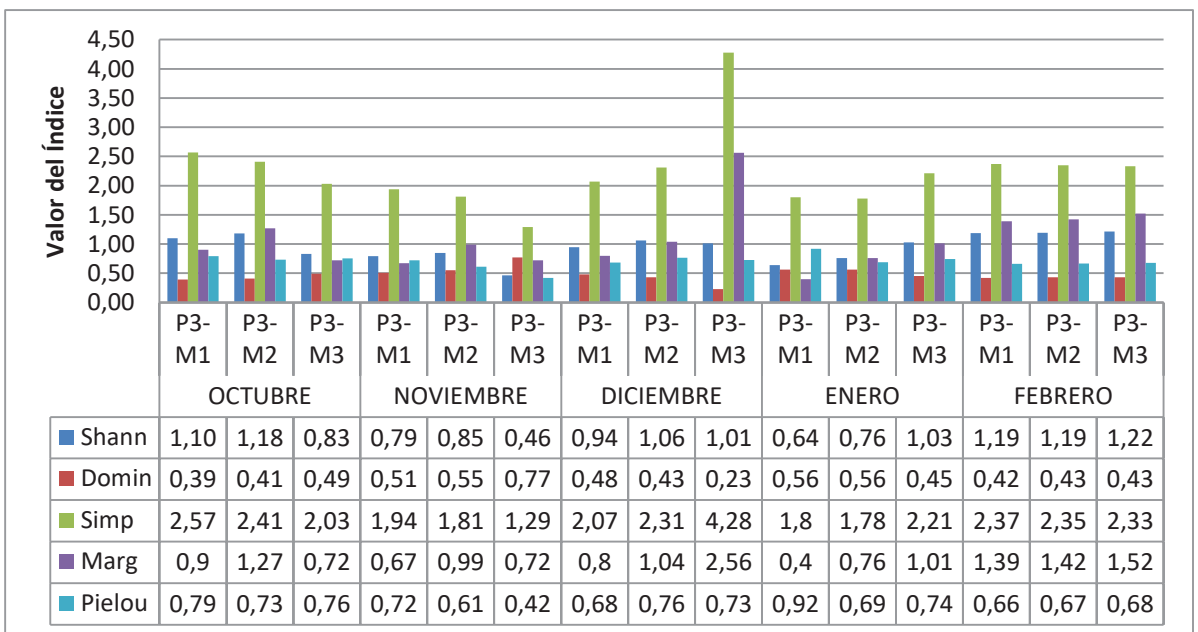
Orden	Familia	Género	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO		
			P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3
Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.	3	3										1			
	Tubificidae	Limnodrilus sp.	4	3	5		1	1	1		1				1	2	1
Pulmonata	Limnaeidae	Lymnaea sp.													1	1	
Coleoptera	Hydrophilidae	Enochrus sp.													1		
Diptera	Chironomidae	Limnophyes sp.					1	1	5	3	3				3	3	2
		Cricotopus sp.												3			
	Polypedilum sp.				1									2	1	3	
	Culicidae	Culex sp.								1							
	Dolichopodidae	N.D.			1												
	Muscidae	Musca sp.		1										1			
	Psychodidae	Clogmia sp.	17	14	10	13	4	14	9	3	4	4	3	3	7	6	3
		Psychoda sp.	4	2		6	15		28	11	14	8	10	12	22	21	17

Elaborado por: Xavier Carvajal



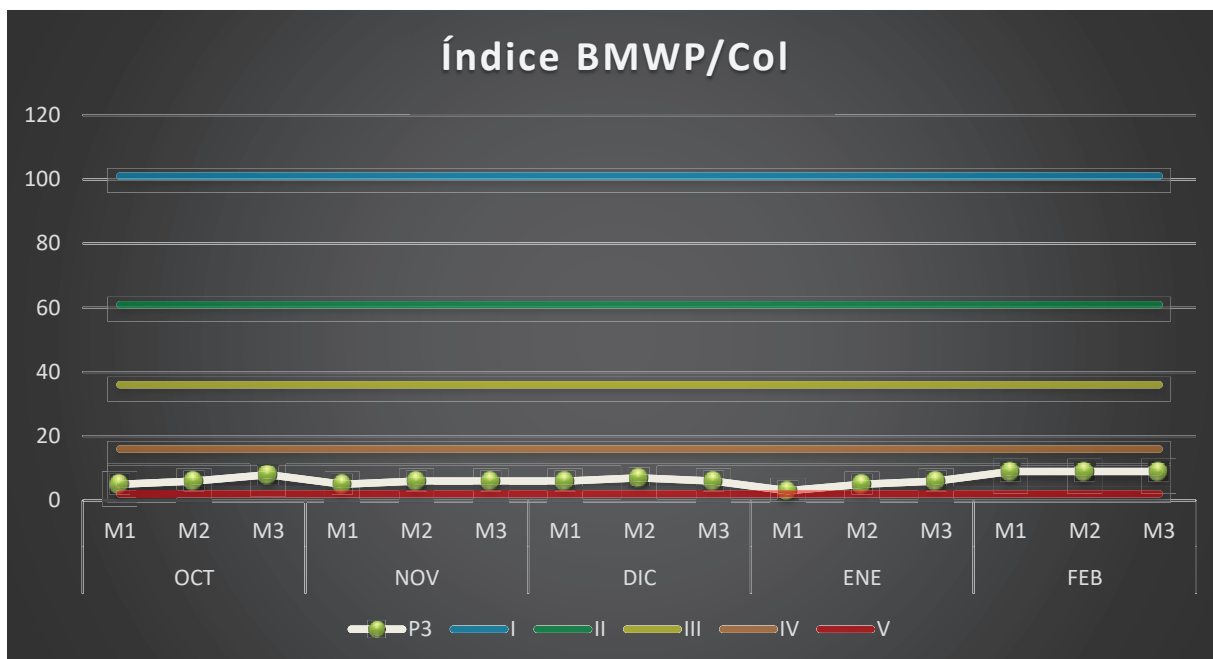
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.10. Abundancia de macroinvertebrados registrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.11. Índices Ecológicos registrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de sequía 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.12. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de sequía 2015-2016

4.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PERÍODO DE LLUVIA 2015-2016.

La comunidad de macroinvertebrados registradas en la microcuenca del río Ambato para este período, es de 2,990 individuos, distribuidos en: 4 phylum, 6 clases, 12 órdenes, 27 familias y 35 géneros. Dentro de los órdenes que se destacaron por su porcentaje de abundancia se encuentra: Ephemeroptera con el 54.51% y Diptera con el 24.05%, el restante 21.44% estuvo representado por los 10 órdenes de macroinvertebrados. El detalle de este análisis se muestra en el Anexo N° 12.

A continuación se describen las comunidades de macroinvertebrados registrados en los sitios de muestreo para cada microcuenca:

Microcuenca Alta

En cuanto a la composición de macroinvertebrados en los sitios de muestreo de la microcuenca alta, se registró un total de 808 individuos, pertenecientes a 10 órdenes,

25 familias y 33 especies (Tabla 4.5). Los órdenes que presentan mayor presencia de individuos para este período de lluvia son: Ephemeroptera que representa el 40.09% de individuos registrados, seguido de Diptera con el 31.81%, Tubificidae con el 9.41%, Coleoptera con el 6.31% y el resto de ordenes representan el 12.38%.

Las familias más frecuentes en este período son: Blephariceridae y Baetidae, que estuvieron presentes en todos los meses y sitios de muestreo, para el caso de Tubificidae, Dugesiidae, Elmidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae y Polycentropodidae, su presencia se registró en todos los meses de lluvia, sin embargo estuvieron ausentes en algunos sitios de muestreo. Para el resto de familias su frecuencia varía de acuerdo al sitio de muestreo y al mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Baetodes* sp., con 232 individuos; *Simulium* sp., con 115 individuos; *Camelobaetidius* sp., con 91 individuos; *Paltostoma* sp., con 72 individuos y *Neoelmis* sp., con 51 individuos, el resto de especies registran frecuencias menores a 50 individuos.

La Figura 4.13 muestra los valores de abundancia obtenidas en la microcuenca alta, señalando que el mes de estudio que presenta mayor abundancia de macroinvertebrados fue marzo de 2016 con 376 individuos registrados, sin embargo el sitio más abundante fue P1-M2 del mes de mayo de 2016 con la mayor cantidad de muestras, identificando 140 individuos; para el mes de marzo de 2016 se registra una cantidad de 376 individuos, disminuyendo para el mes de abril de 2016, con 148 individuos. La población comienza aumentar en el mes de mayo, registrando 284 individuos.

El índice de Shannon (Figura 4.14), indica una diversidad de macroinvertebrados media a media-baja, registrando valores mínimos de 1.47 (P1-M1 del mes de mayo de 2015) a máximos de 2.28 (P1-M1 del mes de marzo de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.14), indica que en la microcuenca alta no existe una dominancia de alguna especie en particular, registrando valores que van

desde 0.13 (valor mínimo registrado en el P1-M1 del mes de marzo de 2016) hasta 0.3 (valor máximo registrado en el P1-M1 del mes de abril de 2016).

El índice de Margalef (Figura 4.14), indica que estos sitios poseen una riqueza media a media-alta, siendo el P1-M3 del mes de mayo de 2016 con mayor riqueza (3.5) y el P1-M1 del mes de abril de 2016, el de menor riqueza (1.7).

El índice de equitabilidad de Pielou (Figura 4.14), indica una tendencia a la distribución de los macroinvertebrados en el hábitat en los sitios de muestreo, presentando valores que van desde 0.62 (P1-M1 del mes de marzo de 2016) hasta 0.86 (P1-M3 del mes de mayo 2016).

El Índice EPT (Figura 4.15), en los sitios de muestreo de la microcuenca alta del río Ambato presenta los siguientes porcentajes: El mes de marzo de 2016, presenta porcentajes que van desde 41.6% a 64.2%, lo que indica que las aguas presentan una calidad de regular a buenas; para el mes de abril de 2016, en todos los sitios de muestreo, presentan porcentajes que van desde 50% hasta 71.1%, siendo aguas de buena calidad y para el mes de mayo de 2016, los sitios de muestreo presentan porcentajes que van desde 17.8% hasta 76.4%, siendo aguas de calidad regulares (P1-M1 y P1-M3) y de muy buena calidad (P1-M2).

En cuanto al Índice BMWP/Col en los sitios de muestreo de la microcuenca alta del río Ambato (Figura 4.16), las aguas registran las siguientes categorías:

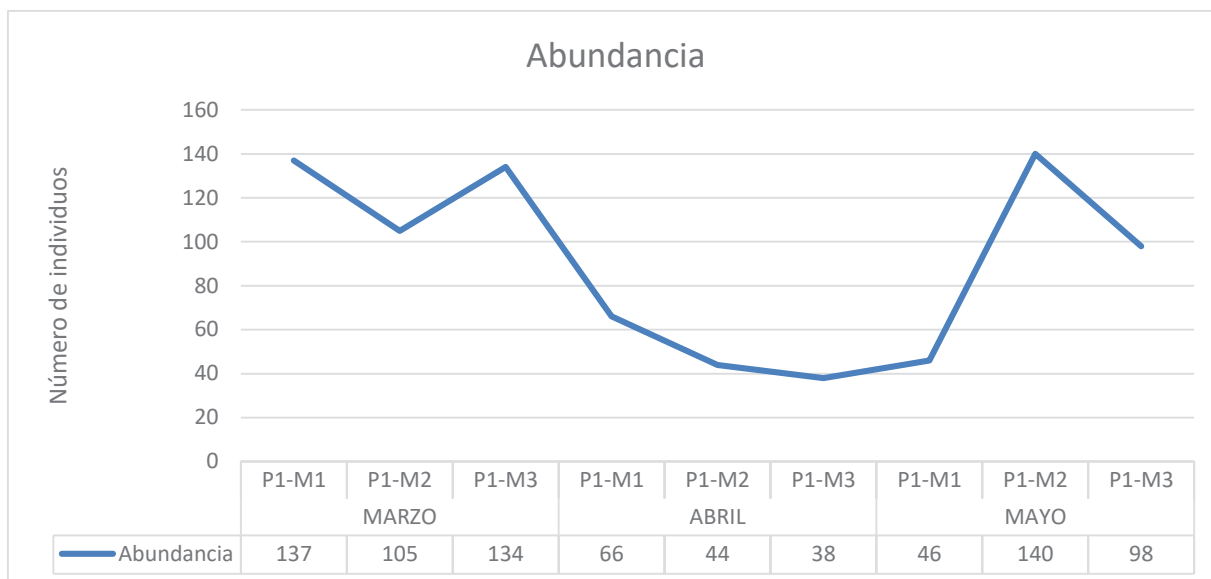
- Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2016, el índice BMWP/Col indica valores que va desde los 43 hasta 96, pertenecientes a las categorías II y III, con una calidad que varía entre aceptable y dudosa, es decir que las aguas se encuentran ligeramente contaminadas a moderadamente contaminadas.
- En el mes de marzo de 2016, el índice presenta valores que van desde 86 a 96, lo que indica que están dentro de una categoría II, con una calidad aceptable, es decir, aguas ligeramente contaminadas.

- Para el mes de abril de 2016 el índice disminuye considerablemente obteniendo un rango que va desde 43 a 48, lo que indica que está dentro de una categoría III, con una calidad de agua dudosa, es decir, son ligeramente contaminadas.
- Para el mes de mayo de 2016, existe una variación en el índice en los sitios de muestreo, ya que el P1-M1 presenta un valor de 59 y los sitios P1-M2 y P1-M3 presentan valores de 82 y 81, lo que indica que las aguas en este punto son de clase II y III, con una calidad que varía entre aceptable y dudosa, indicando aguas que se encuentran ligeramente contaminadas a moderadamente contaminadas.

Tabla 4.5. Composición de macroinvertebrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016.

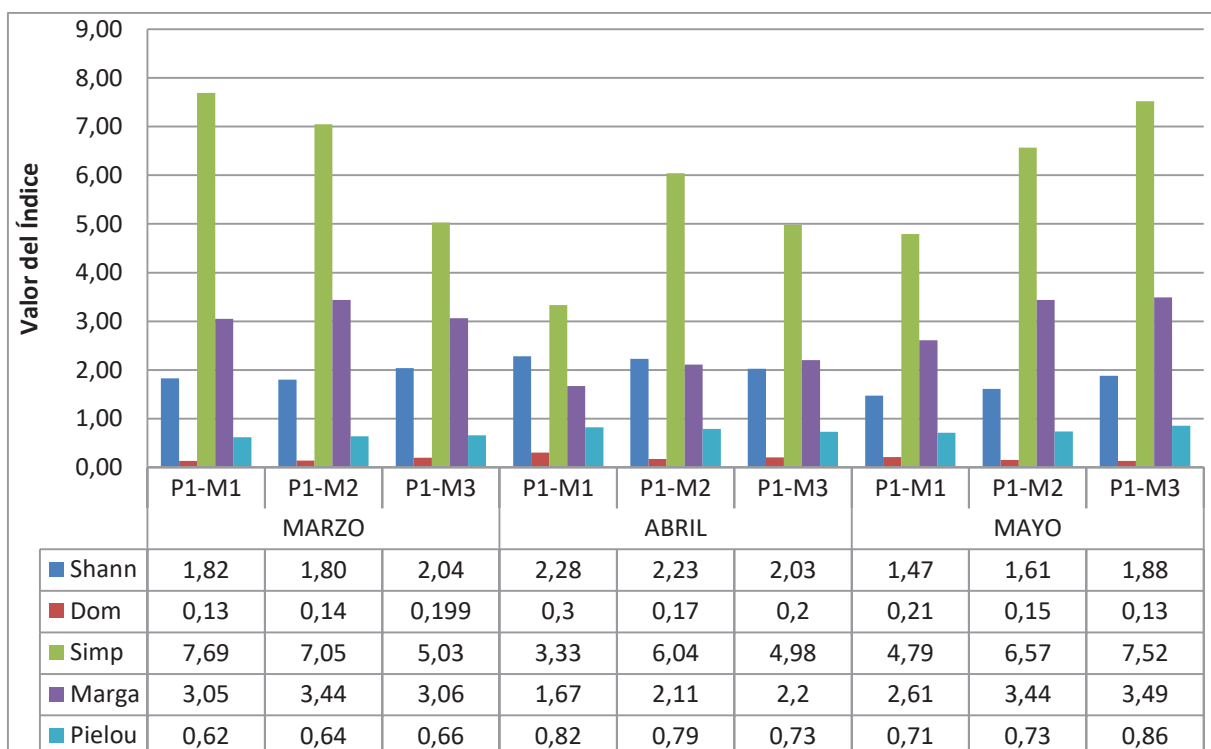
Orden	Familia	Género	MARZO			ABRIL			MAYO			
			P1- M1	P1- M2	P1- M3	P1- M1	P1- M2	P1- M3	P1- M1	P1- M2	P1- M3	
Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.				1					1	
	Tubificidae	Limnodrilus sp.	5	1	7	1			3	3		
Tricladida	Dugesiididae	Dugesia sp.	2	5	13	2		4	10	2		
Veneroida	Sphaeriidae	Sphaerium sp.		1								
Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	12	2	1				2	7		
Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.							2			
Coleoptera	Elmidae	Neelmis sp.	14	12	2	2	1	2	12	6		
Diptera	Blephariceridae	Paltostoma sp.	22	15	5	6	4	2	14	1	3	
	Ceratopogonidae	Probezzia sp.	1	1	1	1			1	3		
	Chironomidae	Limnophyes sp.		3		1		1	2	4		
		Cricotopus sp.									6	13
		Pentaneura sp.										1
		Podonomus sp.										2
		Polypedilum sp.									1	
		Empididae	Chelifera sp.							1		
		Hemerodromia sp.	2									
		Psychoda sp.									14	
		Simuliidae	Simulium sp.	19	23	16	24	14	5	14		
		Tabanidae	Tabanus sp.		1					1		
		Tipulidae	Molophilus sp.		4	2				1	2	
	Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	15	11	25			6		23	11
Baetodes sp.			31	22	49	26	17	14	3	44	26	
	Leptophlebiidae	Farrodes sp.								1		
Plecoptera	Gripopterygidae	Claudioperla sp.	3		2				1	4	3	
Trichoptera	Glossosomatidae	Culoptila sp.	2	2	4	2	4	2		7	5	
		Itaura sp.								7		
	Helicophidae	N.D.		1				1	7	2		
	Hydrobiosidae	Atopsyche sp.		2								
	Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.			3					3		
	Leptoceridae	Nectopsyche sp.	1	1							1	
	Limnephilidae	Anomalocosmoecus sp.	2	1	2							
	Odontoceridae	Barypenthus sp.							1			
	Polycentropodidae	Cernotina sp.	3		1	3	1		4	1		

Elaborado por: Xavier Carvajal



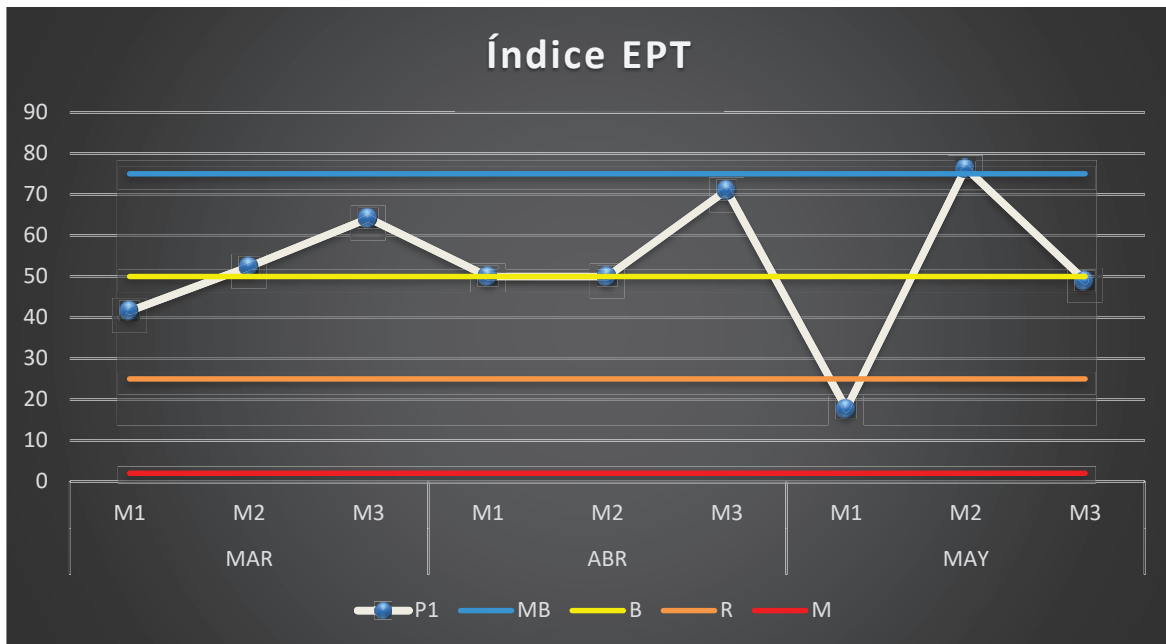
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.13. Abundancia de macroinvertebrados registrados en la microcuena alta del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



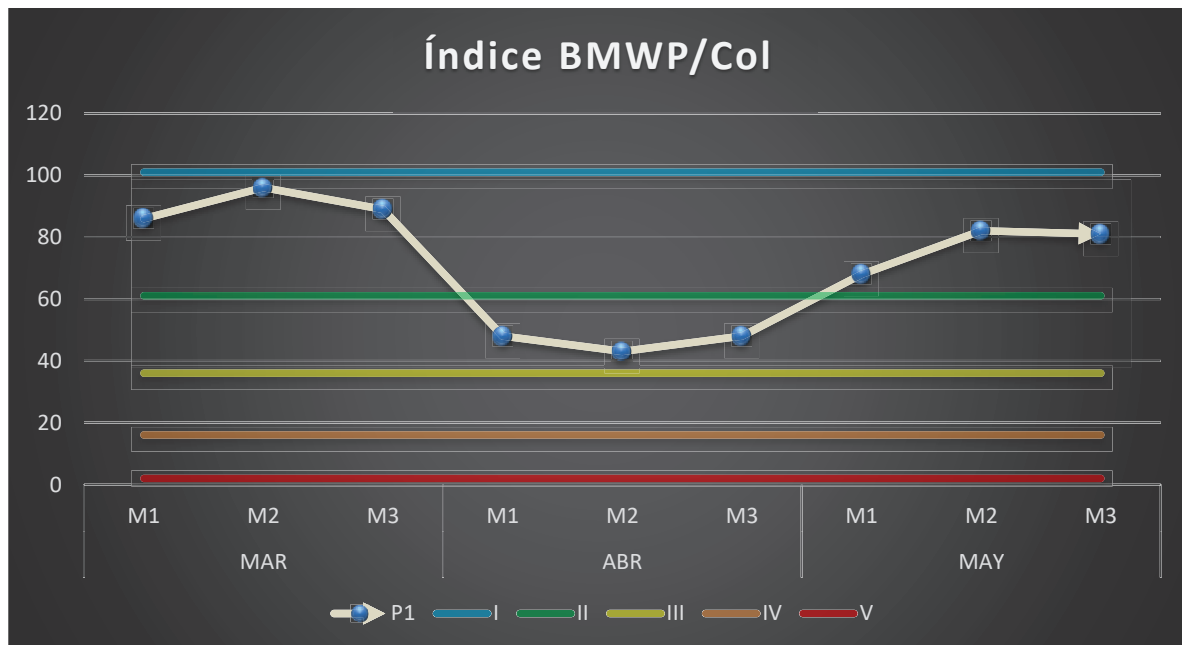
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.14. Índices Ecológicos registrados en la microcuena alta del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.15. Valores de EPT registrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.16. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca alta del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016

Microcuenca Media

En cuanto a la composición de macroinvertebrados en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río, se registró un total de 1,855 individuos, pertenecientes a 6 órdenes, 9 familias y 11 especies (Tabla 4.6). Los órdenes que presentan mayor presencia de individuos para este período de lluvia son: Ephemeroptera que representa el 82.91% de individuos registrados, seguido de Clitellata con el 8.95%, Diptera con el 7.92%, el resto de ordenes representan el 0.22%.

La familia más frecuente en este período fue Baetidae que estuvo presente en todos los meses y puntos de muestreo, para el caso de las familias Tubificidae y Chironomidae su presencia se registró en todos los meses de lluvia sin embargo estuvieron ausentes en algunos puntos de muestreo. El resto de familias su frecuencia varía de acuerdo al sitio de muestreo y al mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Camelobaetidius* sp., con 1538 individuos; *Limnodrilus* sp., con 164 individuos, el resto de especies registran frecuencias menores a 100 individuos.

La Figura 4.2 muestra los valores de abundancia obtenidas en la microcuenca media siendo el mes de marzo de 2016 el que presenta mayor abundancia de macroinvertebrados con 1,107 individuos registrados, siendo el sitio de muestreo P2-M2 con la mayor cantidad de muestras, identificando 470 individuos, disminuyendo en el mes de abril de 2016, registrando 141 individuos, sin embargo la población comienza aumentar en el mes de mayo de 2016, registrando 607.

El índice de diversidad de Shannon (Figura 4.18), indica una diversidad de macroinvertebrados baja, registrando valores mínimos de 0.12 (P2-M2 del mes de mayo del 2016) a máximos de 0.93 (P2-M1 y P2-M2 del mes de marzo de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.18), indica que en la microcuenca media existe la dominancia del taxón *Camelobatidius* sp., perteneciente al orden Ephemeroptera, siendo el más frecuente y abundante la mayor parte de este período,

presentando valores que van de 0.51 (P2-M1 del mes de marzo de 2016) hasta 0.96 (P2-M2 del mes de mayo de 2016).

El índice de Margalef (Figura 4.18), indica que estos sitios poseen una riqueza muy baja, siendo el P2-M1 del mes de abril de 2016 con el menor índice (0,27) y el P2-M3 del mes de mayo de 2016, el de mayor índice (1,08).

El índice de equitabilidad de Pielou (Figura 4.18), indica que las comunidades de macroinvertebrados, no presentan una tendencia a la distribución en el hábitat, ya que registra valores que van desde 0.09 (P2-M2 del mes de mayo de 2016) hasta 0.48 (P2-M1 del mes de marzo de 2016).

El Índice EPT en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río Ambato (Figura 4.19), presenta los siguientes porcentajes: Para el mes de marzo de 2016 se obtuvieron porcentajes que van desde 68.3% a 94.2%, lo que indica que las aguas presentan una calidad que van desde buenas (P2-M1 y P2-M2) a muy buenas (P2-M3); para los meses de abril y mayo de 2016, en todos los sitios de muestreo, presentan porcentajes que van desde 86.3% hasta 95.3% lo que indica que las agua en estos meses son de buena calidad.

Los porcentajes obtenidos del índice EPT, indican una muy buena calidad de agua del río, en los meses del período de sequía para esta microcuenca.

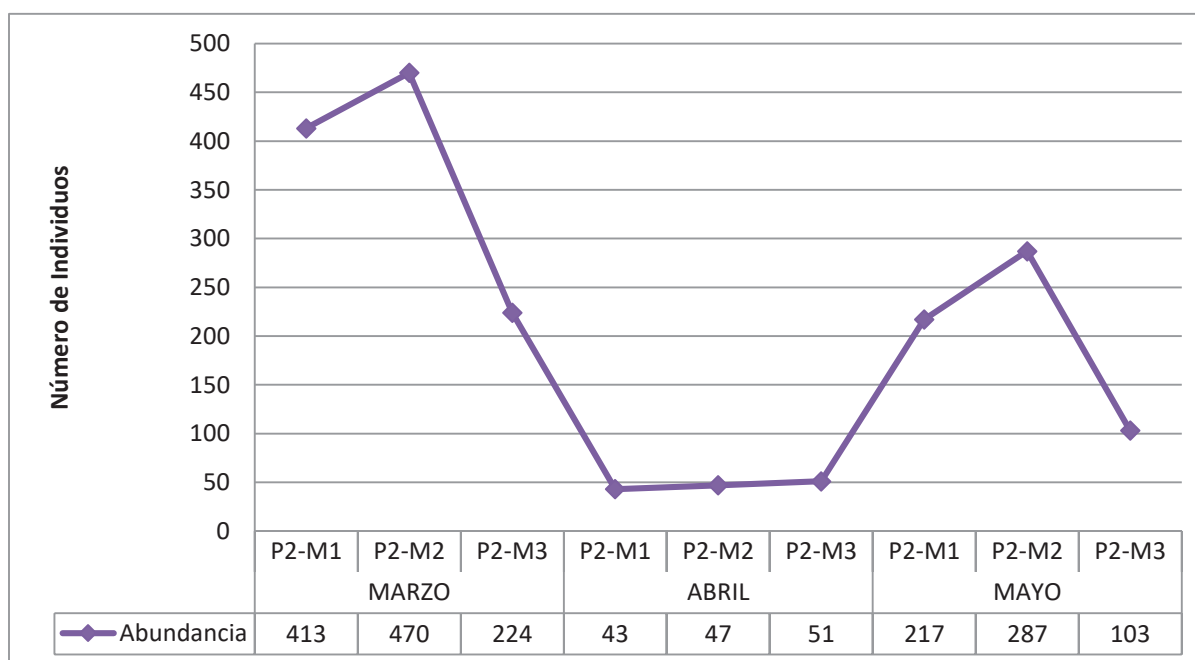
En cuanto al índice BMWP/Col en los sitios de muestreo de la microcuenca media del río Ambato (Figura 4.20), registra durante los meses de marzo, abril y mayo de 2016, valores que van desde 5 hasta 14, ubicándose en las categorías IV y V, con una calidad crítica (P2-M1 del mes de marzo de 2016) y la mayor parte del tiempo muy crítica, es decir, son aguas fuertemente contaminadas.

En general el índice BMWP/Col muestra valores bajos, indicando que la contaminación de las aguas en esta microcuenca es permanente.

Tabla 4.6. Composición de macroinvertebrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016.

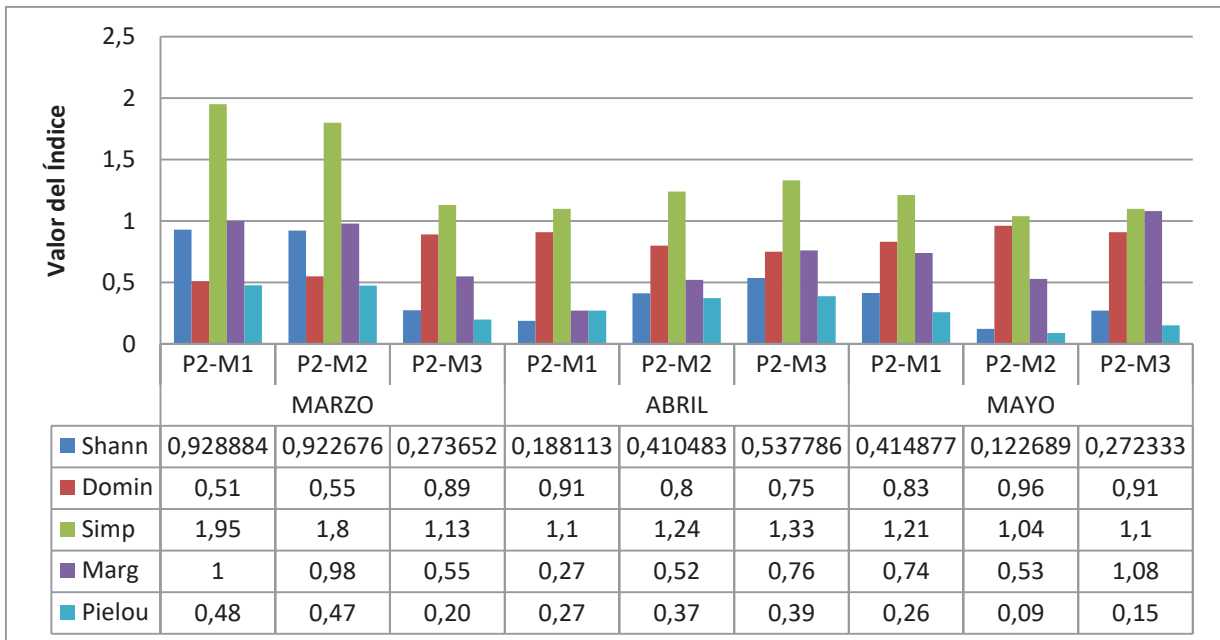
Orden	Familia	Género	MARZO			ABRIL			MAYO		
			P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3	P2-M1	P2-M2	P2-M3
Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.			1					1	
	Tubificidae	Limnodrilus sp.	83	57	5	2	3	3	10	1	
Tricladida	Dugesidae	Dugesia sp.	1								
Pulmonata	Limnaeidae	Lymnaea sp.		1							
Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.	1							1	
Diptera	Ceratopogonidae	Probezzia sp.	1	45							
		Chironomidae		3			3	1	1	1	
		Cricotopus sp.	11	18	7				4	3	
		Polypedilum sp.	34	4					5	1	
	Simuliidae	Simulium sp.					2	1		2	
Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	282	342	211	41	42	44	197	281	98

Elaborado por: Xavier Carvajal



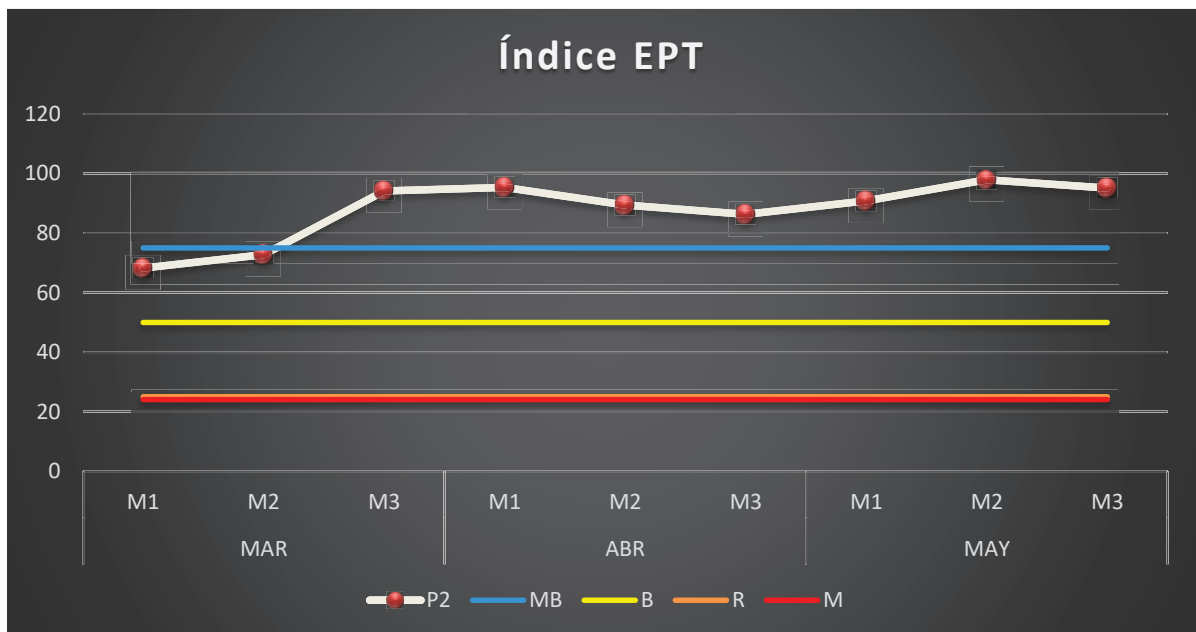
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.17. Abundancia de macroinvertebrados registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



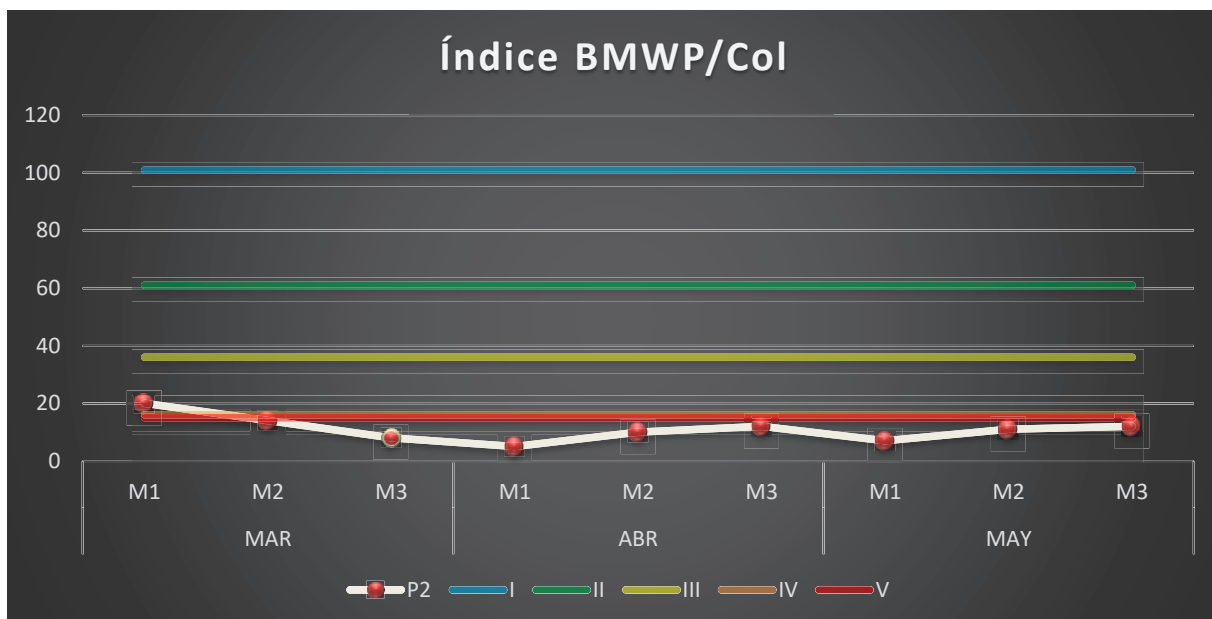
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.18. Índices Ecológicos registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.19. Valores de EPT registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.20. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca media del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016.

Microcuenca Baja

En cuanto a la composición de macroinvertebrados registrados en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, se registró un total de 327 individuos, pertenecientes a 2 órdenes, 3 familias y 6 especies (Tabla 4.7). El porcentaje de órdenes para este período de lluvia es: Diptera que representa el 96.3% y Clitellata con el 3.7%.

La familia más frecuente en este período es Psychodidae que estuvo presente en todos los meses y puntos de muestreo, para el caso de la familia Chironomidae su presencia se registró en la mayoría de los meses de lluvia, sin embargo estuvieron ausentes en algunos puntos de muestreo. Para el resto de familias su frecuencia fue mínima y varía de acuerdo al sitio de muestreo y al mes de estudio.

Las especies más frecuentes son: *Clogmia* sp., con 98 individuos; *Psychoda* sp., con 59 individuos; *Cricotopus* sp., con 90 individuos; *Limnophyes* sp., con 65 individuos; *Limnodrilus* sp., con 12 individuos y *Polypedilum* sp., con 3 individuos.

La Figura 4.21 muestra los valores de abundancia obtenidas en la microcuenca baja, siendo el mes de marzo de 2016, el que presenta el menor valor con 191 individuos registrados, disminuyendo en el mes de abril de 2016, registrando 37 individuos, sin embargo la población comienza a aumentar en el mes de mayo de 2016, registrando 99 individuos. El sitio de muestreo con la mayor cantidad el P3-M2 del mismo mes con 77 individuos y el sitio con menos individuos fue el P3-M2 del mes de abril de 2016 con 6 registros

El índice de Shannon (Figura 4.22), indica una diversidad de macroinvertebrados baja, registrando valores mínimos de 0.19 (P3-M1 del mes de abril de 2016) a máximos de 1.01 (P3-M1 del mes de marzo de 2016).

En cuanto al índice de Simpson (Figura 4.22), indica que no existe dominancia de alguna especie, presentando valores que van desde 0.45 (valor mínimo registrado en el P3-M2 del mes de marzo de 2016) hasta 0.7 (valor máximo registrado en P3-M3 del mes de abril de 2016).

El índice de Margalef (Figura 4.22), indica que estos sitios poseen una riqueza muy baja, siendo el P3-M3 del mes de abril de 2016 con el valor de menor riqueza (0,42) y el P3-M1 del mes de abril de 2016, el de mayor riqueza (1).

El índice de equitatividad de Pielou (Figura 4.22), indica que las comunidades de macroinvertebrados presentan una tendencia a la distribución en el hábitat, presentando valores que van desde 0.27 (P3-M1 del mes de abril de 2016) hasta 0.83 (P3-M3 del mes de mayo de 2016).

No se registra Índice EPT en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, debido a que en este sector no presenta individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera, indicando que las aguas son de mala calidad.

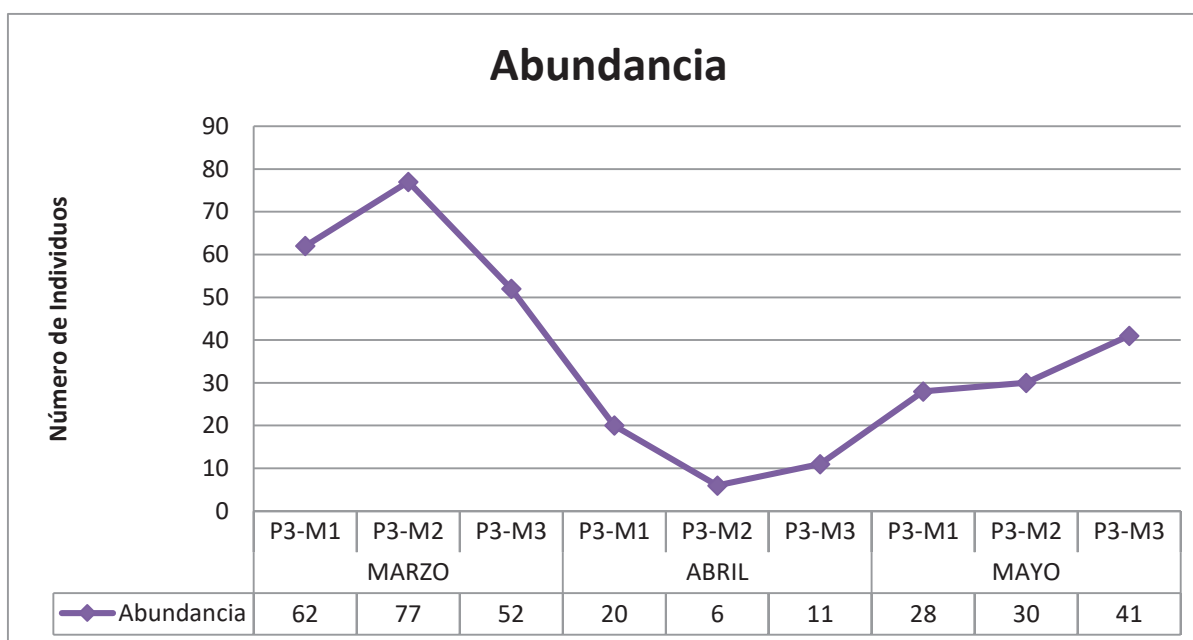
En cuanto al índice BMWP/Col en los sitios de muestreo de la microcuenca baja del río Ambato, las aguas presentan valores que van desde 3 a 6, ubicándose en una clase V, con calidad muy crítica, es decir, aguas fuertemente contaminadas.

La Figura 4.23, muestra los valores bajos del índice BMW/Col, indicando la contaminación permanente de las aguas del río.

Tabla 4.7. Composición de macroinvertebrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016.

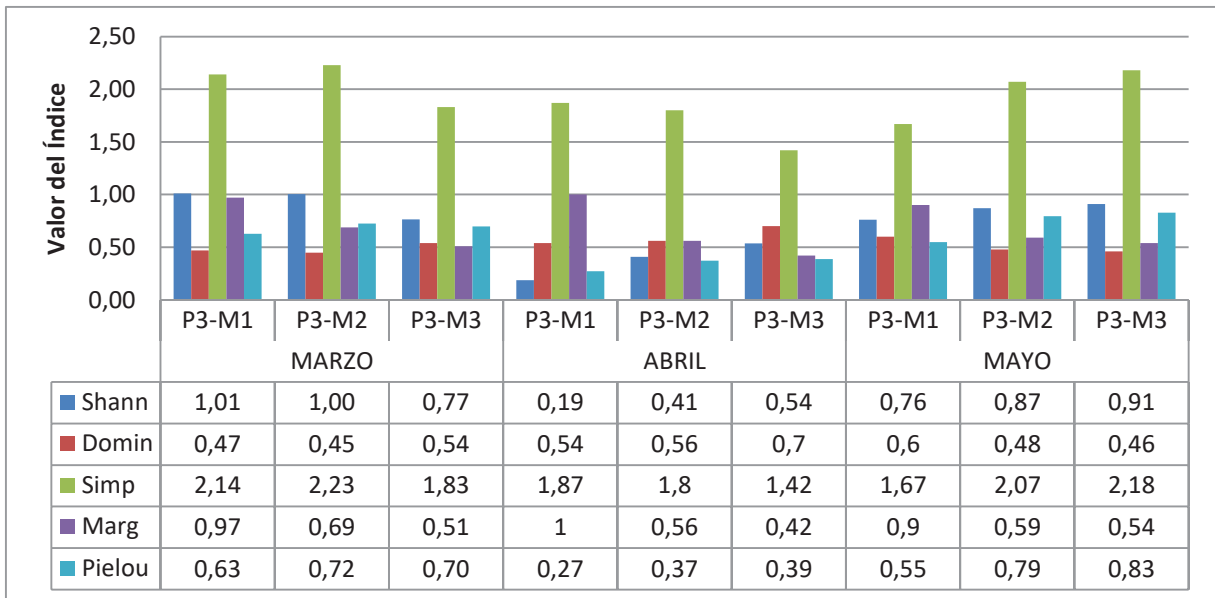
Orden	Familia	Género	MARZO			ABRIL			MAYO		
			P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3	P3-M1	P3-M2	P3-M3
Clitellata	Tubificidae	Limnodrilus sp.	2	6	3				1		
Diptera	Chironomidae	Limnophyes sp.							21	19	25
		Cricotopus sp.	16	20	36	14	4				
		Polypedilum sp.	2			1					
	Psychodidae	Clogmia sp.	39	47		1		2	1	3	5
		Psychoda sp.	3	4	13	4	2	9	5	8	11

Elaborado por: Xavier Carvajal



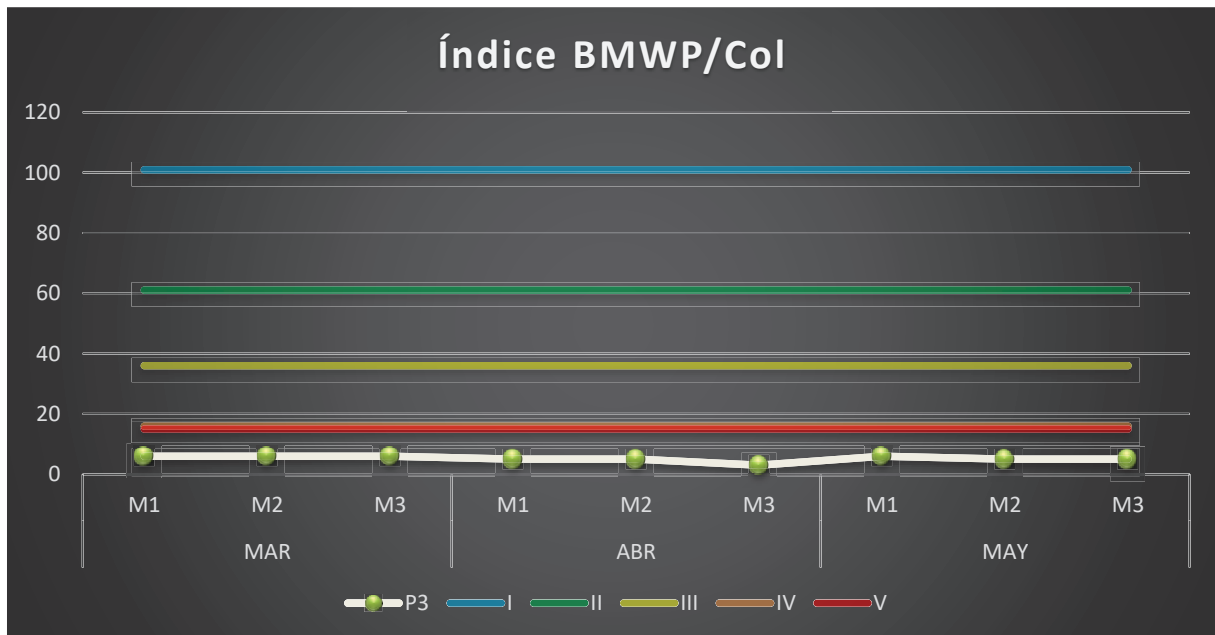
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.21. Abundancia de macroinvertebrados registrados la microcuenca baja del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.22. Índices Ecológicos registrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.23. Valores de BMWP/Col registrados en la microcuenca baja del río Ambato para el período de lluvia 2015-2016

4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS AGUAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO.

Las características fisicoquímicas del agua de la microcuenca del río Ambato fue evaluada durante dos períodos a través de los siguientes parámetros: Temperatura (T°), Potencial Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (CE), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Cloruros (Cl⁻), Alcalinidad, Sólidos sedimentables (SSed), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Cromo (Cr VI), Hierro (Fe III), Sulfuros (S⁻), Sulfatos (SO₄⁻²), Cobre (Cu), Los resultados se presentan en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Concentraciones de los parámetros físico-químico registrados en la microcuenca del río Ambato 2015-2016.

Mes	Punto de muestreo	T °C	pH	CE ms/cm	DBO5 mg/L	SO4 mg/L	Cl mg/L	SST mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	SSed ml/L	Alcali mg/L	DQO mg/L	S mg/L	Cr ⁶ mg/L
OCT	P1	9	7.3	0.131	0.003	6.4	1.9	66	<0.2	1.3	<1.0	83.7	<40	<0.5	<0.02
	P2	12.9	8	0.227	5	15.3	14.6	113.7	<0.2	1.5	<1.0	102.8	<40	<0.5	<0.02
	P3	18	8.1	0.796	19	61.5	29.1	358	<0.2	0.8	<0.1	223.7	105	0.7	<0.02
NOV	P1	9.1	7.7	0.134	0.003	7.6	1.9	67.2	<0.2	0.5	<1.0	80.6	<40	<0.5	<0.02
	P2	15.7	8.4	0.33	5	28.4	23.3	165	<0.2	1.6	<0.1	123.6	<40	0.8	<0.02
	P3	16.4	8.1	0.611	26	88.8	34	305.5	<0.2	3.6	1.4	196.1	52	0.7	<0.02
DIC	P1	13.4	8	0.405	6	36.1	12.6	220	<0.2	3.2	<0.1	198.9	<40	<0.5	<0.02
	P2	21	8.8	0.38	7	34.5	12.6	190	<0.2	0.8	<0.1	166.6	<40	0.8	<0.02
	P3	19	8.3	0.903	290	97.9	12.6	451.5	<0.2	1.3	<0.1	306.4	580	0.7	<0.02
ENE	P1	11.75	8.2	0.436	9	36.5	13.6	218	<0.2	0.4	<0.1	188.1	<40	0.5	<0.02
	P2	16.7	8.5	0.414	4.5	41.6	21.4	207	<0.2	<0.3	<0.1	155.9	<40	0.8	<0.02
	P3	17.6	8.5	0.986	145.5	133.8	77.7	493	<0.2	<0.3	<0.1	284.9	295	1.3	<0.02
FEB	P1	10.1	8.4	0.44	14	40	11.7	220	<0.2	0.4	<1.0	199.5	<40	<0.5	<0.02
	P2	14	8.5	0.308	81	102	14.6	154	<0.2	1.5	<1.0	117.6	162	<0.5	<0.02
	P3	17	7.7	0.899	7.5	29	61.2	449.5	<0.2	1.7	<1.0	260.9	<40	0.6	<0.02
MAR	P1	13.5	8.3	0.38	8	34.8	9.8	190	<0.2	0.5	<1.0	276.2	<40	<0.5	<0.02
	P2	13	7.8	0.257	3	27.3	59.7	128.6	<0.2	1.5	<1.0	92.1	<40	<0.5	<0.02
	P3	18	7.8	0.764	55.5	205	11.7	382	<0.2	1.1	1.5	383.6	111	<0.5	<0.02
ABR	P1	10	7.9	0.322	9	15.7	7.8	161	<0.2	0.6	<1.0	122.8	<40	<0.5	<0.02
	P2	15	7.8	0.178	10.5	3.8	8.8	88.8	<0.2	11	<1.0	71.6	<40	0.5	<0.02
	P3	15.1	7.9	0.294	28	26.3	16.6	147	<0.2	13	<1.0	92.1	56	0.7	<0.02
MAY	P1	9.5	7.9	0.375	9.5	23	9.8	187.5	<0.2	0.4	<1.0	163.7	<40	0.5	<0.02
	P2	14	7.8	0.243	10	19.9	12.7	121.6	<0.2	0.9	<1.0	92.1	<40	0.7	<0.02
	P3	19	7.8	0.665	64	49.1	51.9	332.5	<0.2	0.6	<0.1	194.4	128	0.9	<0.02

Fuente: GADMA, 2016
Elaborado por: Xavier Carvajal

4.4.1 CONDUCTIVIDAD (CE)

Los mayores valores de conductividad se presentaron en períodos de sequía, principalmente en P3, con un valor de 0.986 ms/cm, sin embargo, estos altos valores disminuyen levemente en el período de lluvias, por lo que el material de arrastre, la dilución de la contaminación y los aniones en general, disminuyen proporcionalmente.

4.4.2 SÓLIDOS TOTALES (SST)

El parámetro sólidos totales para P3, presentó una mayor concentración durante el período de sequía, registrando el mayor valor en enero de 2016 con 493 mg/L. Para P1 y P2, los valores varían de acuerdo a la presencia de lluvias en cada sector.

4.4.3 TEMPERATURA DEL AGUA (T°)

El comportamiento de la temperatura es consecuencia de la altura sobre el nivel del mar. Las temperaturas bajas son constantes en P1, registrando el valor mínimo en el mes de octubre de 2015 con 9 °C, las temperaturas más altas se registró en el periodo de sequía, en el mes de enero de 2016, en P2 con 21°C. Para P3 las temperaturas oscilan entre 15 y 19 °C.

4.4.4 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Los valores de pH fueron casi similares en los puntos de muestreo, presentando concentraciones altas en el período de sequía con tendencia a la basicidad. La mayor concentración se registró en P2, en los meses de enero y febrero de 2016 con pH de 8.5. El valor mínimo se registró en P1 con un pH de 7.7.

4.4.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

El valor máximo encontrado se registra en P3 del período de sequía, con 290 mg/L registrado en el mes de diciembre de 2015 y el valor mínimo con 0,003 mg/L en el P1 para los meses de octubre y noviembre de 2015.

4.4.6 SULFATOS (SO₄)

Las concentraciones de SO₄ son elevadas en P3, principalmente en el período de sequía, con valores máximos de 205 mg/L. Se registran dos picos altos en enero de 2016 con 133.8 mg/L y en febrero de 2016 con 102 mg/L. En P2 del mes de abril de 2016, se registra la concentración mínima con 3.8 mg/L.

4.3.7 CLORUROS (Cl⁻)

Se presentan dos picos altos durante los periodos secos y de lluvia. En P3, se observa concentraciones altas en enero de 2016 con 77.7 mg/L, y otra para febrero de 2016, con 61.2 mg/L. Para el período de lluvias se observa que P2, en marzo de 2016 hay una concentración de 59.7 mg/L y en P3 en mayo de 2016, existe una concentración de 51.9 mg/L. Las concentraciones mínimas se registraron en los meses de octubre y noviembre de 2015, con 1.9 mg/L.

4.4.8 ALCALINIDAD

Los valores más elevados se registran en el período de sequía en P3 para diciembre de 2015, con 306.4 mg/L; para enero de 2016 con una concentración de 284.9 mg/L, y en febrero de 2016 con 260.9 mg/L. Para el período de lluvia se presentan dos picos altos registrados en el mes de marzo de 2016, el primero con 383.6 mg/L, ubicado en P3 y el segundo con 276.2 mg/L, registrado en P1. El valor mínimo que registró el estudio fue en P2 del mes de abril de 2016 con un valor de 71.6 mg/L.

4.4.9 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Los valores más elevados se registran en el P3 del período de sequía en el mes de diciembre de 2015 con 580 mg/L y en el mes de enero de 2016 con 295 mg/L. Para el período de lluvia se presentan dos concentraciones significativas, la primera en P3 del mes de marzo de 2016 con 111 mg/L, y el segundo en mayo de 2016 con 128 mg/L. Para el resto de puntos los valores son menores a 100 mg/L.

4.4.10 METALES PESADOS (Fe, Cu, Cr⁺⁶), S⁻ Y SSED

En cuanto a las concentraciones de Fe, los valores más elevados de este parámetro se registran en el período de lluvia, en el mes de abril de 2016, presentando 13.12 mg/L, para el P3 y 10.97 mg/L para el P2. En cuanto a los meses secos se registra concentraciones altas en el mes de noviembre de 2015 con 3.62 mg/L, para P3, y en diciembre de 2015, en el P1 con 3.21 mg/L.

Para el resto de metales pesados, los valores obtenidos están muy por debajo de la normativa nacional (Cu < a 0.2 mg/L; Cr⁺⁶ < a 0.02 mg/L) de igual manera los SSed se encuentran con valores < 1.5 ml/L., y para el parámetro S⁻, valores < a 1.3 mg/L.

4.5 RESULTADO DEL ICA HORTON

Con los datos obtenidos de los parámetros físico-químicos detallados anteriormente, se aplicó el Índice de Calidad de Agua de Horton, para determinar los niveles de contaminación que presenta las aguas del río en cada una de las microcuencas los cuales varían de acuerdo al punto de estudio y periodo de sequía o lluvia.

4.5.1 PERIODO DE SEQUÍA

P1.- En los meses de octubre 2015 a enero de 2016, presenta valores de 68.58 a 90.58 siendo aguas de buena calidad, disminuyendo en febrero de 2016 a 63.67 presentando indicios de contaminación con una calidad de aguas regulares.

P2.- Para los meses de octubre 2015 hasta enero de 2016, se obtienen valores que van de 53.75 a 58.69, presentando una calidad de agua regular y para febrero de 2016, disminuye a 45.31 presentando indicios de una excesiva contaminación.

P3.- Se registran los valores más bajos en todo el período que van desde 26.7 hasta 34.17, indicando una mala calidad de agua es decir que el ecosistema acuático en este punto se encuentran fuertemente contaminados.

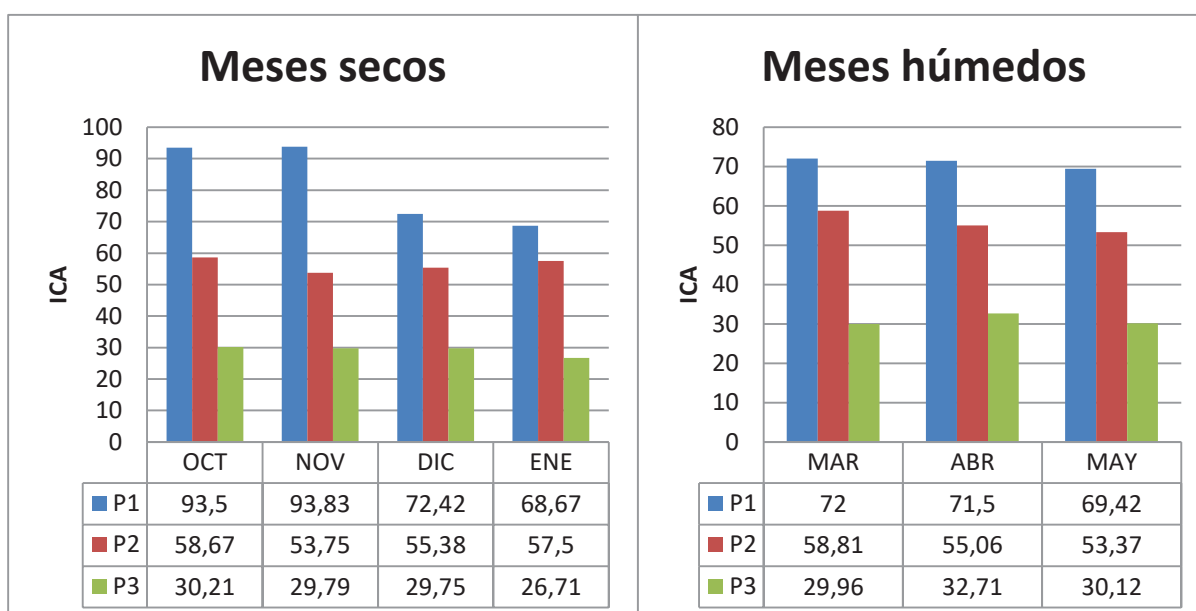
4.5.2 PERÍODO DE LLUVIAS

P1.- De marzo hasta mayo de 2016, se registran valores que van 70.17 hasta 71.33 presentando buena calidad de agua, sin embargo las aguas del río comienzan a presenta indicios de contaminación.

P2.- Para los meses de marzo hasta mayo de 2016, se registran valores que van desde 53.37 a 59.31, siendo aguas de calidad regular, con indicios de mucha contaminación.

P3.- Se registran valores bajos en todo el período que van desde 29.96 a 32.71, indicando una mala calidad de agua, presentando un ecosistema acuático muy contaminado.

Los resultados de ICA, indican las siguientes calidades de agua: microcuenca alta presentan una buena calidad; microcuenca media presenta una calidad que va de mala a regular y para la microcuenca baja se registra una mala calidad. El detalle de lo descrito se observa en la Figura 4.24.



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.24. Interpretación del ICA de Horton para tres puntos de muestreo en el período de sequía y lluvia 2015-2016

4.6 DETERMINACIÓN DE CORRELACIÓN ENTRE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS DE LAS AGUA DEL RÍO AMBATO

Para determinar las relaciones existentes en los tres puntos del río Ambato, se aplicó el análisis de Correlaciones Canónicas (CCo), entre las variables bióticas y físico-químico, para los períodos seco y lluvioso respectivamente.

4.6.1 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO

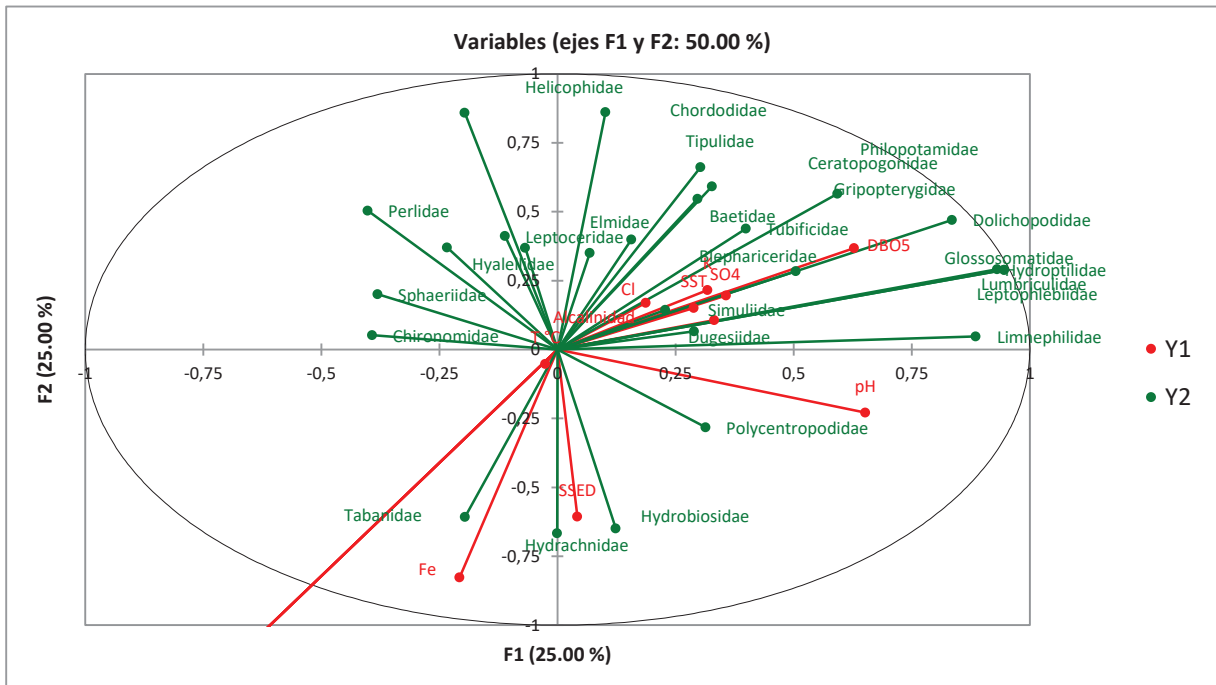
Como muestra la Figura 4.25, las concentraciones de los parámetros como K, alcalinidad, SST, SO₄, DBO₅, Cl⁻, poseen una relación positiva con las comunidades de macroinvertebrados, favoreciendo condiciones para las familias como Baetidae, Ceratopogonidae, Philopoyamidae, Gripterygidae, Blephariceridae, Dolichopodidae, Simuliidae, Glossomatidae, Hydroptilidae, Lumbriculidae, Leptophlebiidae. Sin embargo no hay tendencias de relación entre los parámetros Fe y T° con la familia Tabanidae.

4.6.2 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO

Como muestra la Figura 4.26, las concentraciones de DBO₅, DQO, SO₄, pH, K, SST, tienen una relación positiva con las comunidades de macroinvertebrados de las familias Baetidae, Limnaeidae y Muscidae. Al contrario, el parámetro Cl⁻ inciden negativamente la familia Lumbriculidae.

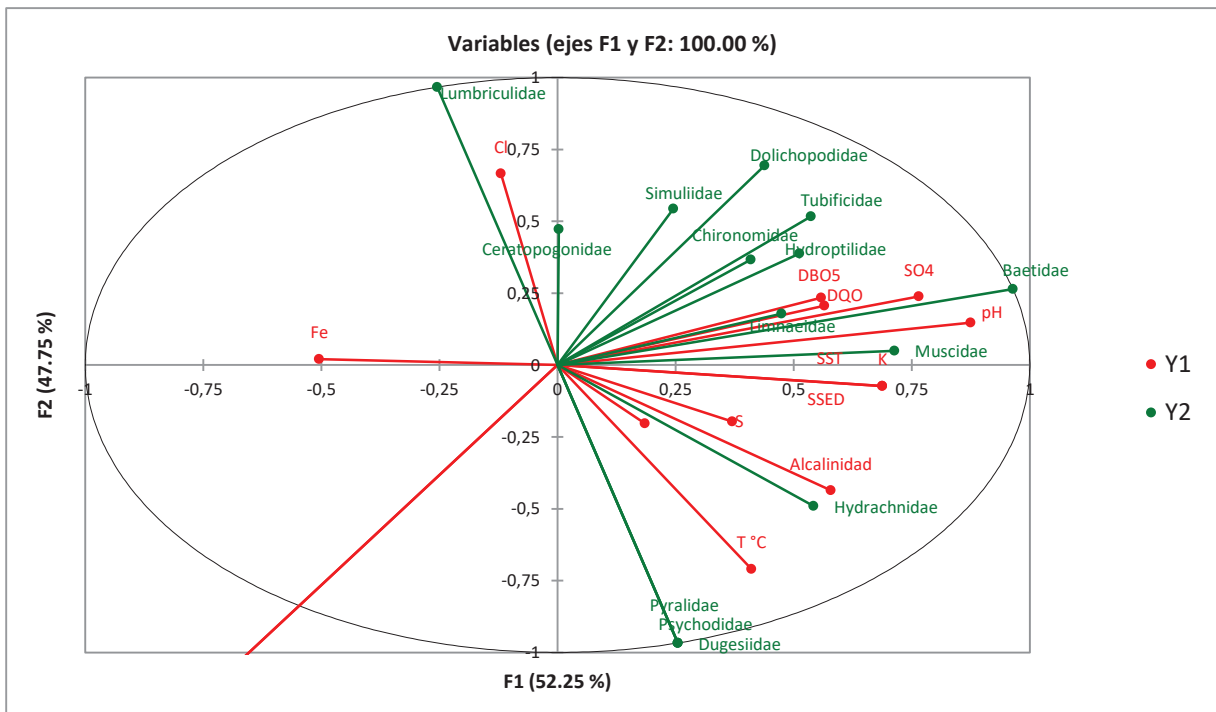
4.6.3 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO SECO

Como muestra la Figura 4.27, los parámetros como, alcalinidad, SST, Fe y Cu, poseen una relación negativa en las comunidades de macroinvertebrados como Chironomidae, Psychididae, y de igual manera los parámetros de DBO₅ y DQO se relacionan negativamente sobre la familia Culisidae.



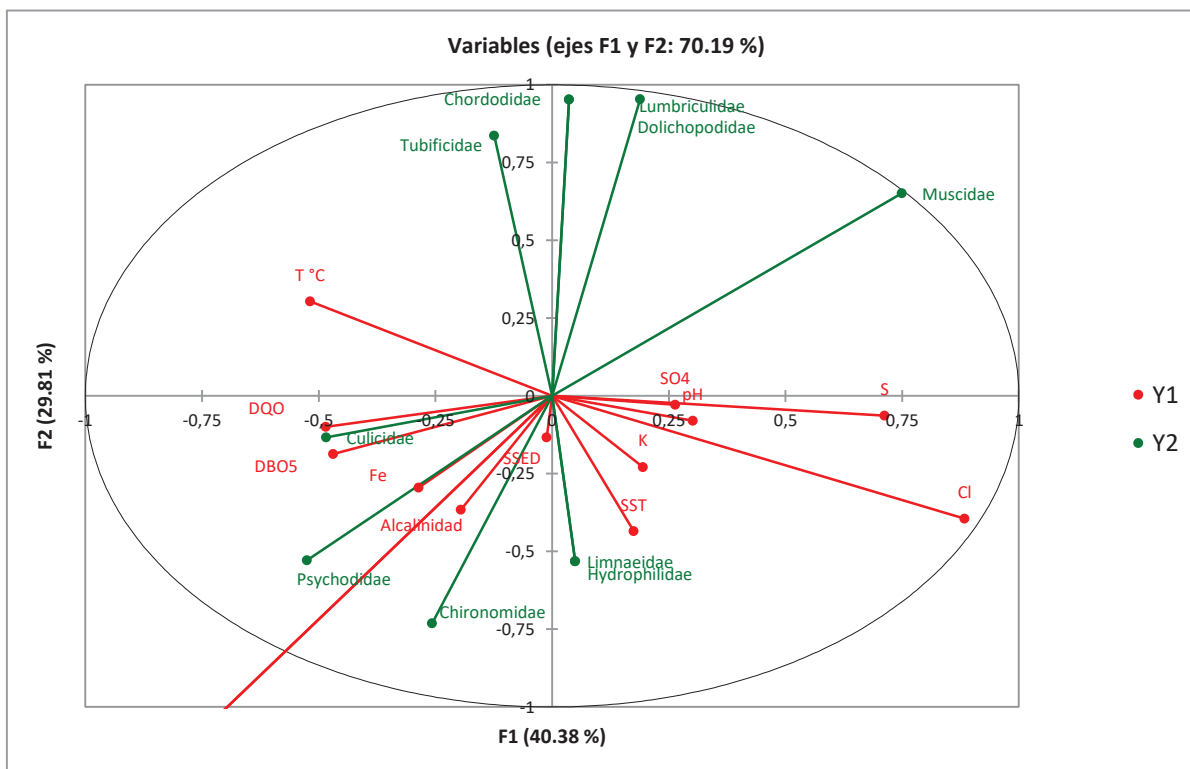
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.25. Análisis de Correlación, en la microcuenca alta del río Ambato, período seco



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.26. Análisis de Correlación, en la microcuenca media del río Ambato, período seco



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.27. Análisis de Correlación, en la microcuenca baja del río Ambato, período seco.

4.6.4 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA

Como muestra la Figura 4.28, se observa una relación positiva entre el parámetro S con las comunidades de macroinvertebrados de las familias Polycentropodidae, Helicophidae, Glossosomatidae, Hydrachnidae, Ceratopogoniade, Leptophlebiidae y Chironomidae. Para el caso de pH, incide positivamente con la familia Lumbriculidae, sin embargo la mayoría de parámetros se relacionan negativamente con la mayor parte de familias que registra este punto.

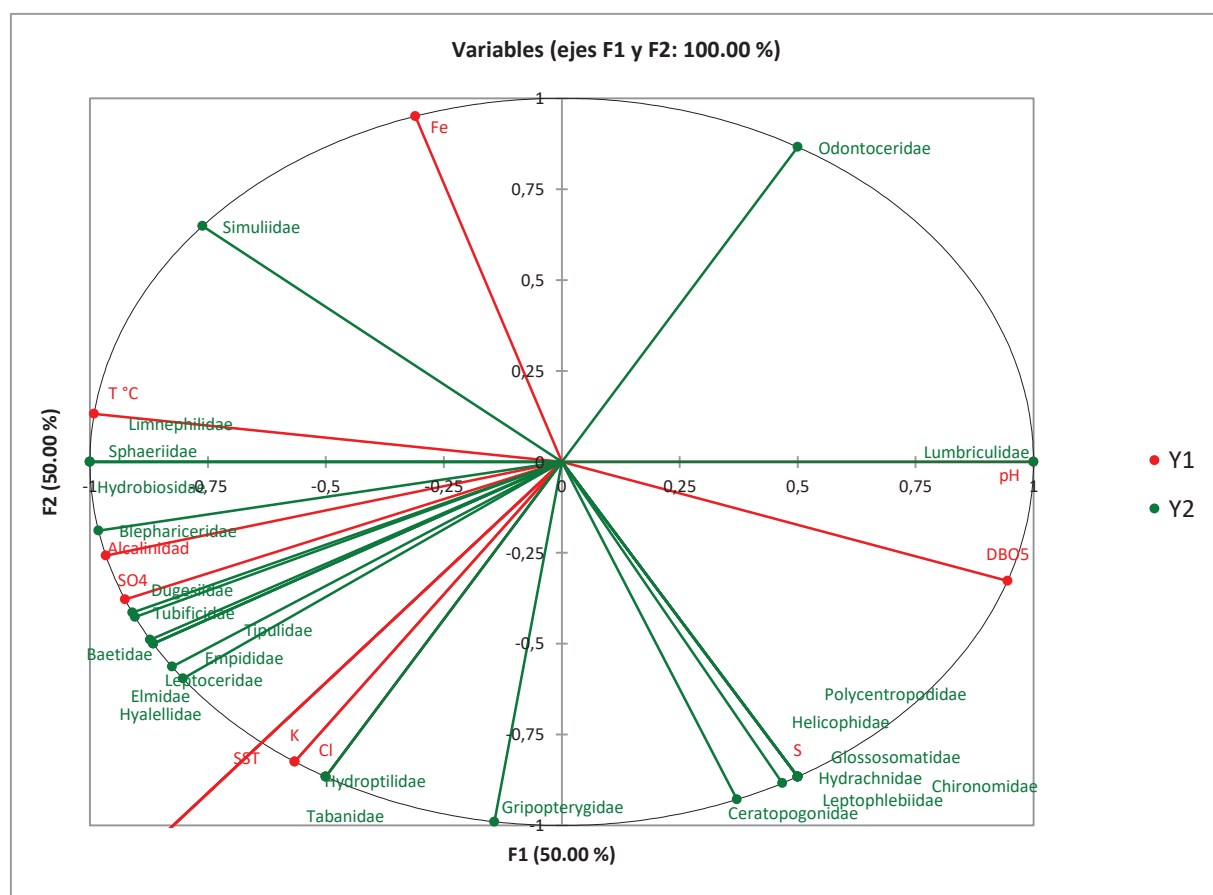
4.6.5 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO, PERÍODO DE LLUVIA

Como muestra la Figura 4.29, las concentraciones de pH y Cl⁻, se relacionan positivamente con las comunidades de macroinvertebrados de las familias

Ceratopogoniade. Dugesiiidae, Limnaeidae, Tubificidae, Chironomidae y de la misma manera los parámetros K, alcalinidad, SST y SO₄, presentan una relación positiva con las familias Baetidae, Hydrachnidae y Lumbriculidae; para el caso de la familia Simuliidae existe una relación negativa con el parámetro Cu.

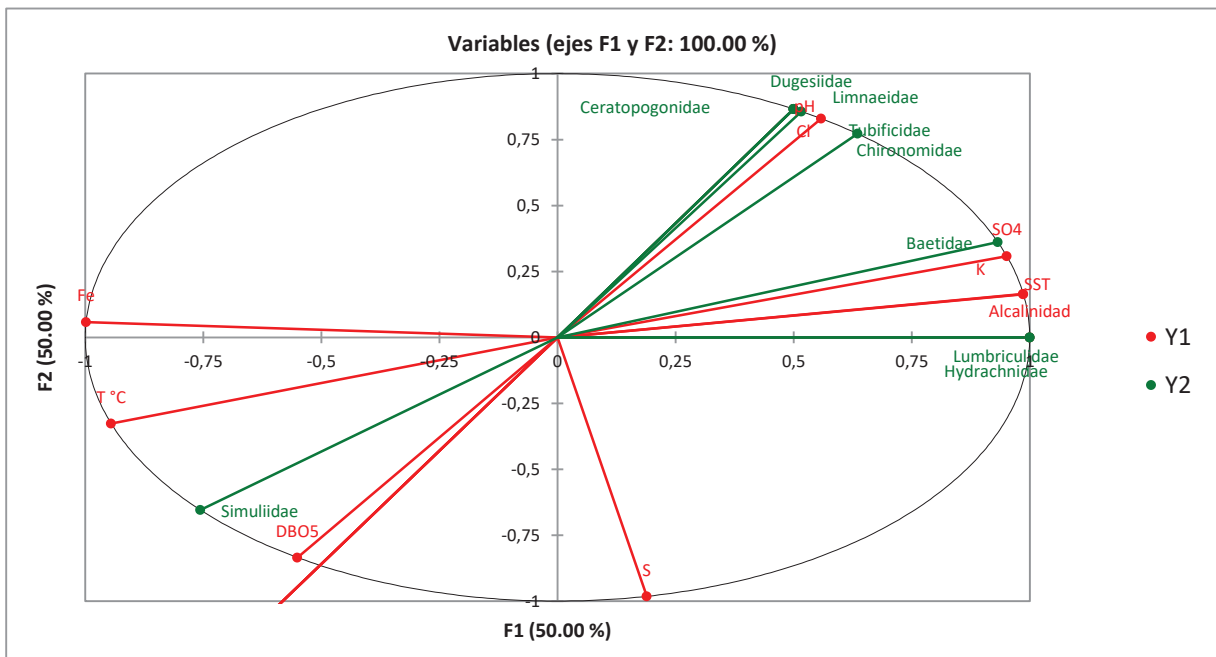
4.6.6 CORRELACIONES CANÓNICAS DETERMINADAS EN LA MICROCUENCA BAJA, PERÍODO DE LLUVIA

Como muestra la Figura 4.30, los parámetros de sulfatos (SO₄) y alcalinidad tienen una relación negativa con las familias macroinvertebrados como Tubificidae, Psychodidae y para el caso del parámetro sólidos sedimentables (SSED) tiene una relación negativa con la familia Chironomidae.



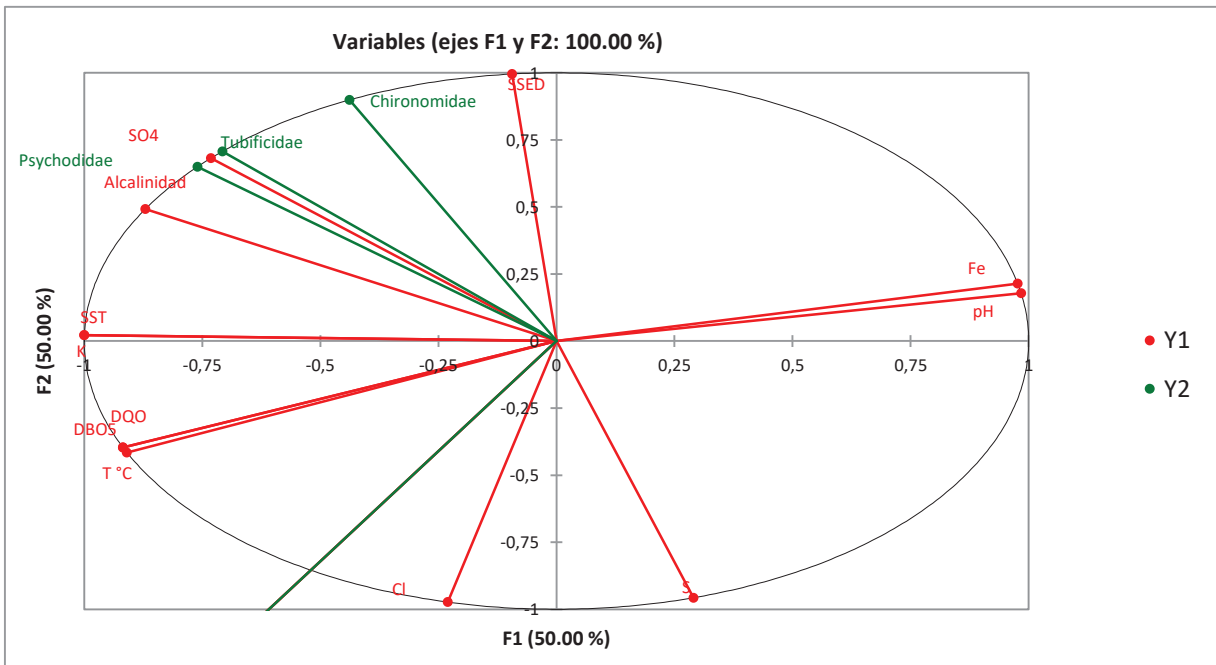
Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.28. Análisis de Correlación, en la microcuenca alta del río Ambato, período de lluvia



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.29. Análisis de Correlación, en la microcuenca media del río Ambato, período de lluvia



Elaborado por: Xavier Carvajal

Figura 4.30. Análisis de Correlación, en la microcuenca baja del río Ambato, período de lluvia

4.7 ROL INSTITUCIONAL

La problemática de escasez y contaminación que sufre la microcuenca del río Ambato, se debe principalmente en poder satisfacer las necesidades del sector urbano así como el uso para la producción agrícola-ganadera e industrial. Las entidades públicas han empleado varios mecanismos para mitigar el problema y aprovechar de mejor manera este recurso.

Los principales mecanismo establecidos para el manejo de la microcuenca se detallan a continuación:

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT)-Secretaria del Agua (SENAGUA)

Desde el año 2008 hasta la presente fecha, el HGPT genera 3 instrumentos de gestión y un plan de conservación de páramos y manejo del recurso agua, en las comunidades que habitan en esta zona, los cuales se mencionan a continuación:

- Fondo de Páramos y Lucha Contra la Pobreza: Instrumento de gestión económico.
- Plan de Riego para la provincia de Tungurahua 2014-2029 (HGPT, 2014): Plan de uso del agua.
- Agenda de Desarrollo Tungurahua desde la Visión Territorial (HGPT, 2012): Instrumento de planificación.
- Agenda Ambiental de Tungurahua 2014-2020 (HGPT, 2013): Instrumento de planificación.

De acuerdo al POT del HGPT (2015), en su fase diagnóstico, indica que estas estrategias de gestión y conservación, han disminuido considerablemente el avance de la frontera agrícola, ya que incluye en sus programas la intervención directa de las comunidades en el manejo de cuerpos de agua.

Para el caso de las concesiones de cuerpos de agua como acequias, pozos, quebradas, entre otros afluentes en la microcuenca del río Ambato, existe la coordinación con la SENAGUA para una distribución equitativa del recurso.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA)

Con el fin de regular y mitigar la contaminación producida por las diversas actividades del sector urbano del cantón, la Municipalidad de Ambato elabora en el año 2012 la Agenda Ambiental, incluyendo en sus programas el monitoreo de los cauces receptores del río Ambato, sin embargo no se incluye un programa de monitoreo de la calidad del agua de toda la microcuenca, por lo que no existe generación de información actualizada (GADMA, 2012).

Empresa de Agua Pública y Alcantarillado de Ambato (EMAPAA)

Como se indicó en el Capítulo 3 de este estudio, la mayor parte de aguas residuales provenientes de la ciudad de Ambato no poseen tratamiento previo a su descarga en el río, por esta razón, la EMAPAA en conjunto con el GADMA implementarán proyectos como: Colector Victor Hugo y Construcción de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, ubicada en el sector de las Viñas al noreste de la ciudad. Sin embargo estos proyectos no receptorán las aguas residuales generadas en los sectores de Ficoa y Atocha.

La aplicación de las actividades por parte de las Instituciones Públicas, han servido para minimizar los problemas que se generan por el manejo del río Ambato, por lo que al no existir un programa de monitoreo continuo de la calidad de agua del río Ambato, se desconoce cómo es la dinámica de contaminación del río en todo su trayecto. Esta información es necesaria para generar futuros proyectos de conservación.

4.8 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE

De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, establecida en la reforma del TULSMA, del Libro VI, (2015), se compararon los promedios de los

parámetros físico-químico emitidos por el laboratorio del GADMA, descritos anteriormente en la Tabla 4,8 con los límites máximos permisibles que establece la norma para el período de sequía (Tabla 4.9) y período de lluvia respectivamente (Tabla 4.10).

Cabe señalar que para el análisis de los resultados se tomó únicamente los valores máximos permisibles establecidos para los criterios de calidad por usos, además la normativa no posee valores de parámetros biológicos en cuanto en relación a macroinvertebrados.

Para este análisis no se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: temperatura, sulfuros y alcalinidad, ya que no constan valores dentro de la reforma.

4.9 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL

El cantón Ambato se destaca por poseer una actividad económica basada en la producción industrial y agrícola-ganadera, sin embargo este avance económico ha puesto en juego la calidad y cantidad de los recursos naturales del cantón, para el caso del presente estudio, la calidad y cantidad del recurso agua.

Durante el desarrollo de este estudio, se identificaron algunos factores sociales que inciden en la calidad de agua de la microcuenca del río Ambato, los cuales, son analizados por microcuenca para una mejor conceptualización:

4.9.1 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA ALTA DE RÍO AMBATO

Según datos del GADP Pilahuin (2011), en este sector no existe la incidencia de un área urbana, sin embargo, la parcelación de terrenos para la creación de minifundios, provoca la destrucción de los remanentes de vegetación silvestre, que incluyen terrenos planos, inclinados como quebradas e inclusive la ribera del río. Estas parcelas por lo general son utilizadas para producción agrícola y áreas de pastoreo (Figura 4.31), por lo que la presencia de ganado es frecuente en las áreas circundantes a las nacientes del río Ambato, ya que en esta zona existen alrededor de 60,000 cabezas

de ganado que pastorean en el páramo (El Comercio, 2015), además en estas áreas se propicia el cambio de vegetación natural por especies exóticas como eucalipto y pino, alterando aún más el paisaje natural.

Otro de los aspectos socio-ambientales existentes de la zona, es la construcción de canales para la captación de agua, tanto de las acequias como de los ríos tributarios de la microcuenca del río (Figura 4.32), disminuyendo el caudal natural del río Ambato desde sus orígenes. Estas captaciones de agua son utilizadas para abastecer la demanda de consumo de las poblaciones locales y también para irrigar las áreas de cultivo, sin embargo a pesar de los controles realizados por las instituciones reguladoras en algunos sectores no se cumple una distribución equitativa de este recurso.

4.9.2 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA MEDIA DEL RÍO AMBATO

De acuerdo a los datos obtenidos de la SENAGUA (2015), desde las nacientes del río Ambato hasta el comienzo de la zona urbana de la ciudad de Ambato, se han concesionado aproximada 1412.3 l/s de agua pertenecientes a 11 acequias tributarias del río Ambato, además, el proyecto Huachi-Pelileo, capta 3060 l/s, provocando una pérdida del caudal natural del 70% aproximadamente. En época de estiaje el cauce del río en esta zona puede llegar a cero (Figura 4.33).

Otro problema que se identifica en esta microcuenca, es la contaminación que sufre el río debido a la presencia de aguas residuales que provienen de las cabeceras cantonales, las cuales se descargan directamente en quebradas como: Yatzapuzan, Cubillin, Chiquicahua, Tambayalacu, Chitahulaycu, Ashpachaca, Pataló y Alajua. El río Ambato recibe aproximadamente 1100 l/s de agua contaminada, además desde el sector de Miraflores, el río comienza a recibir aguas residuales provenientes de la ciudad de Ambato sin tratamiento previo (HGPT, 2014).

Esta cantidad de contaminación del río genera malos olores que afecta a la población aledaña al igual que las áreas de recreación que se encuentran cerca al río, siendo

más fuertes durante la temporada de sequía. Otro problema que genera la contaminación en este sector, es la proliferación de vectores como ratas y zancudos, que podrían transmitir enfermedades a la población aledaña al río.

A más del problema de contaminación producida por las aguas residuales, existe la disminución de cobertura vegetal natural en la ribera del río, principalmente en el área urbana de la ciudad de Ambato, que incide directamente en la calidad y cantidad de agua.

4.9.3 ANÁLISIS SOCIO-AMBIENTAL MICROCUENCA BAJA DEL RÍO AMBATO

Según la EMAPAA (2016), las aguas del río, recibe aproximadamente 1282 l/s de aguas residuales, provenientes de 23 aliviaderos de la ciudad de Ambato, además por este sector, existe la presencia de algunas fábricas así como la presencia de ganado vacuno, por tal razón la calidad de agua en este punto llega a niveles de contaminación muy elevados. (Figura 4.34), además se puede observar el arrastre de escombros y basura.

Con el funcionamiento del proyecto Colector Víctor Hugo y planta de Tratamiento en el sector de las Viñas, los gobiernos e instituciones involucradas en el tema del cuidado del río Ambato, esperan disminuir los niveles de contaminación para el bienestar de la población.

Al igual que en la microcuenca media, la problemática de emisión de malos olores se mantiene, incrementándose en estos sectores. Como se mencionó anteriormente, en este punto el río ha recibido la mayor parte de aguas residuales de la ciudad, sin embargo esta zona está dentro de un valle lo que evita que los olores lleguen al sector urbano.

Tabla 4.9. Cumplimientos de la Normativa Ambiental para los parámetros físico-químicos obtenidos durante el período de sequía

Parámetro	Valores promedios período sequía			Normativa		Cumplimiento Normativa Ambiental		
	Microfrecuencia			Criterio	Valor Máx	Microfrecuencia		
	Alta	Media	Baja			Alta	Media	Baja
pH	8	8	8	Uso Agrícola o de riego	6 a 9	Cumple	Cumple	Cumple
K (uS/cm)	0.31	0.33	0.84	Uso Recreativo	6.5 a 8.3	Cumple	Cumple	Cumple
DBO5 (mg/l)	5.8	20.5	97.6	Uso Agrícola o de riego	1.000	Cumple	Cumple	Cumple
SO4 (mg/l)	25	44	82	Consumo Humano y Uso Doméstico	<2	No cumple	No cumple	No cumple
Cl (mg/l)	8	17	43	Preservación de la vida acuática y silvestre	20	Cumple	No cumple	No cumple
SST (mg/l)	158	166	412	Consumo Humano y Uso Doméstico	500	Cumple	Cumple	Cumple
Cu (mg/l)	0.19	0.2	0.2	Uso Agrícola o de riego	250	Cumple	Cumple	Cumple
Fe (mg/l)	1.17	1.35	1.86	Uso Agrícola o de riego	0.01	No cumple	No cumple	No cumple
SSED (ml/l)	0.58	0.45	1.4	Uso Agrícola o de riego	<3	No cumple	No cumple	No cumple
DQO (mg/l)	39.9	63.6	214	Preservación de la vida acuática y silvestre	1000	Cumple	Cumple	Cumple
Cr6 (mg/l)	0.02	0.02	0.02	Consumo Humano y Uso Doméstico	2	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Agrícola	0.005	No cumple	No cumple	No cumple
				Uso Pecuario	0.2	Cumple	Cumple	Cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	2	Cumple	Cumple	Cumple
				Preservación de la vida acuática y silvestre	1	Cumple	No cumple	No cumple
				Uso Agrícola	0.3	No cumple	No cumple	No cumple
				Uso Pecuario	5	Cumple	Cumple	Cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	3000	Cumple	Cumple	Cumple
				Preservación de la vida acuática y silvestre	<4	No cumple	No cumple	No cumple
				Uso Agrícola	40	Cumple	No cumple	No cumple
				Uso Pecuario	0.05	Cumple	Cumple	Cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	0.1	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Agrícola	1	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Pecuario		Cumple	Cumple	Cumple

Elaborado por: Xavier Carvajal

Tabla 4.10. Cumplimientos de la Normativa Ambiental para los parámetros físico-químicos obtenidos durante el período de lluvia

Parámetro	Valores promedios período lluvia			Normativa		Cumplimiento Normativa Ambiental		
	Microcuenca			Criterio	Valor Máx	Microcuenca		
	Alta	Media	Baja			Alta	Media	
pH	8	8	8	Uso Agrícola o de riego	6 a 9	Cumple	Cumple	Cumple
	0.36	0.23	0.57	Uso Recreativo	6.5 a 8.3	Cumple	Cumple	Cumple
K (uS/cm)	8.83	7.8	49.17	Uso Agrícola	1.000	Cumple	Cumple	Cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	<2	No cumple	No cumple	No cumple
DBO5 (mg/l)	25	17	93	Preservación de la vida acuática y silvestre	20	Cumple	Cumple	No cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	500	Cumple	Cumple	Cumple
SO4 (mg/l)	9	27	27	Uso Agrícola o de riego	250	Cumple	Cumple	Cumple
				Preservación Flora y Fauna en aguas dulces frías	0.01	No cumple	No cumple	No cumple
Cl (mg/l)	180	113	287	Uso Agrícola	<3	No cumple	No cumple	No cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	1000	Cumple	Cumple	Cumple
Cu (mg/l)	0.2	0.2	0.2	Consumo Humano y Uso Doméstico	2	Cumple	Cumple	Cumple
				Preservación de la vida acuática y silvestre	0.005	No cumple	No cumple	No cumple
Fe (mg/l)	1	1	1.5	Uso Agrícola o de riego	0.2	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Pecuario	2	Cumple	Cumple	Cumple
SSED (ml/l)	0.5	4.45	4.92	Consumo Humano y Uso Doméstico	1	Cumple	No cumple	No cumple
				Preservación de la vida acuática y silvestre	0.3	No cumple	No cumple	No cumple
DQO (mg/l)	40	40	98.3	Uso Agrícola	5	Cumple	Cumple	Cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	3000	Cumple	Cumple	Cumple
Cr6 (mg/l)	0.02	0.02	0.02	Consumo Humano y Uso Doméstico	<4	No cumple	No cumple	No cumple
				Preservación de la vida acuática y silvestre	40	Cumple	Cumple	No cumple
				Consumo Humano y Uso Doméstico	0.05	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Agrícola	0.1	Cumple	Cumple	Cumple
				Uso Pecuario	1	Cumple	Cumple	Cumple

Elaborado por: Xavier Carvajal



Fuente: Xavier Carvaial

Figura 4.31. Presencia de ganado en las riberas del río Ambato



Fuente: El Comercio, 2015

Figura 4.32. Construcción de canales de fuentes tributarias a la microcuenca del río Ambato



Fuente: Xavier Carvaial

Figura 4.33. Pérdida del caudal del río Ambato en la microcuenca media, durante el período de sequía



Fuente: Xavier Carvaial

Figura 4.34 Estado del caudal del río Ambato en la microcuenca baja.

4.10 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS DE CONTAMINACIÓN Y POTENCIAL USO DEL AGUA

Los resultados de este estudio demuestran que la zona más contaminada que presenta el río Ambato, se encuentra en los sitios de muestreo de la microcuenca baja, ya que los valores obtenidos en los índices como: calidad hidromorfológica (15/40), EPT (0/100), BMWP/Col (3/110), ICA de Horton (26.7/100), son los más bajos, siendo las descargas de aguas residuales que provienen principalmente de la ciudad de Ambato el factor más influyente

Cabe señalar que la contaminación del río se registra desde la microcuenca alta incrementándose en la microcuenca media

En cuanto a los potenciales usos que se podrían dar al agua del río Ambato dentro de los puntos de estudio, se tomó como referencia la clasificación realizado por la SENAGUA (2010), para cada una de las categorías de uso que posee la Normativa Nacional.

Para una mejor interpretación al momento de analizar los valores, se modificaron los rangos de calificación original, tomando como base las puntuaciones establecidas en el índice BMWP/Col, obteniendo la siguiente clasificación (Tabla 4.11):

Para la determinación los valores para categorizar el uso potencial del agua, se utilizaron los valores obtenidos de los índices BMWP/Col e ICA de Horton para cada microcuenca.

No se tomó en cuenta los valores EPT ya que se deben profundizar los estudios de adaptación que tiene la población de Ephemeropteros en la microcuenca media, los cuales difieren mucho de la realidad de la calidad de agua del río.

Los valores de BMWP/Col e ICA se sumaron y promediaron, obteniendo un valor para cada microcuenca que se detallan la Tabla 4.12:

Tabla 4.11. Clasificación de Unidades Hidrográficas en función de la calidad de sus aguas

RANGO	CLASIFICACIÓN	SIGLAS	DESCRIPCIÓN
91 - 100	Unidad Hidrográfica con muy buena calidad de agua.	UHMBC	Unidad hidrográfica en la que el agua de sus drenajes es aptas para la vida acuática, para consumo humano y uso agrícola.
61 - 90	Unidad hidrográfica con buena calidad de agua	UHBC	Unidad hidrográfica en la que el agua de sus drenajes pueden ser utilizados para consumo humano previo tratamiento convencional y para uso agrícola.
36 - 60	Unidad hidrográfica con regular calidad de agua.	UHRC	Unidad hidrográfica en la que el agua de sus drenajes pueden ser utilizados únicamente para uso agrícola.
16 - 35	Unidad hidrográfica con mala calidad de agua.	UHMAC	Unidad hidrográfica en la que el agua de sus drenajes no son aptas para ningún uso.
< 15	Sector con muy mala calidad de agua.	SMMAC	Sector Crítico, en el que el agua no es apta para ningún uso y requiere una acción correctiva inmediata con el fin de preservar la salud humana y el normal desarrollo de ecosistemas.

Fuente: SENAGUA, 2010

Elaborado y modificado por: Xavier Carvajal

Tabla 4.12. Clasificación del Uso del Agua del río Ambato para los diferentes puntos de muestreo

PUNTO DE MONITOREO	SECTOR	PROM ICA (BMWP+ICAH)	USOS DEL AGUA
P1	Microcuenca alta	73.77	UHBC, UHRC
P2	Microcuenca media	35.07	UHMAC
P3	Microcuenca baja	18.2	UHMAC

Fuente: SENAGUA, 2010

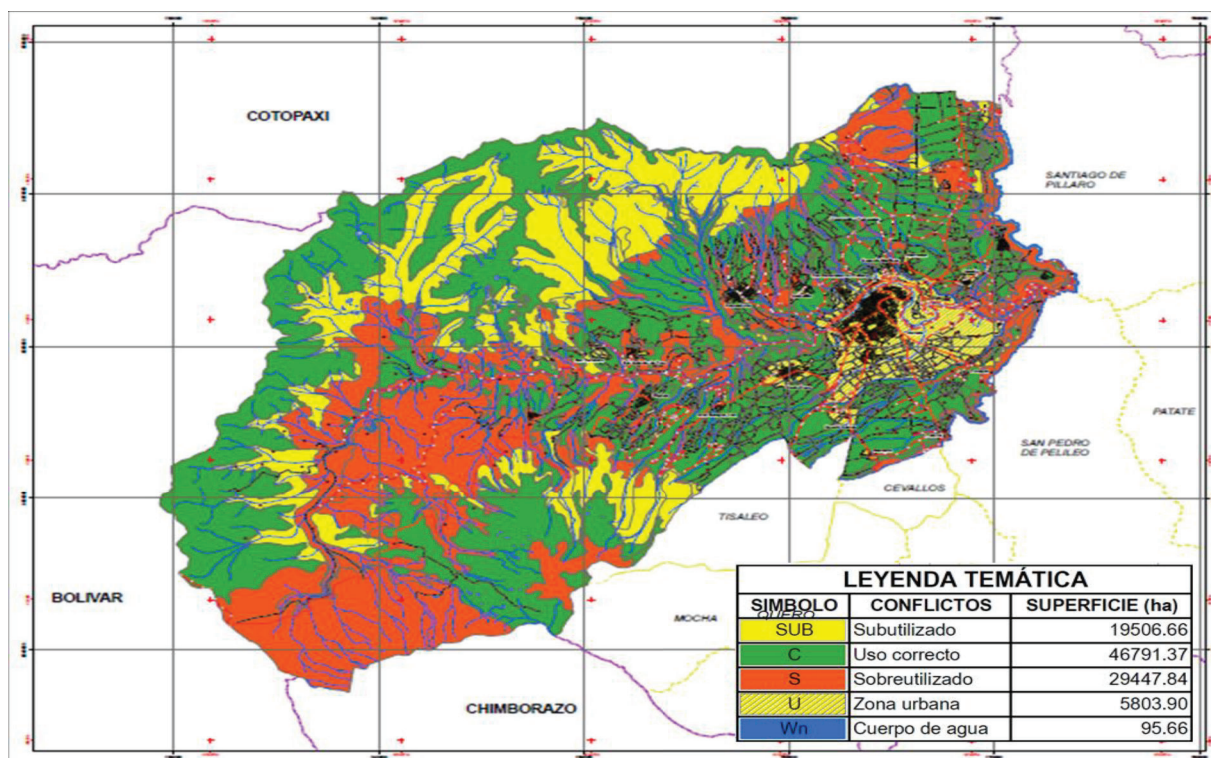
Elaborado y modificado por: Xavier Carvajal

4.11 CONFLICTOS SOCIALES EN EL USO DEL SUELO

La presión que ejerce el uso del suelo en ciertos sectores del cantón Ambato, provocan un deterioro o desgaste de la calidad de las tierras en el sector rural, producido por el avance de la frontera agrícola y su excesivo fraccionamiento para la creación de parcelas, principalmente en los relictos de páramo que existen en el cantón.

Al ser evidente esta problemática, la municipalidad de Ambato, en su POT (GADMA, 2015), identifica los principales problemas sociales en cuanto al uso del suelo (Imagen 4.1) y establece tres categorías de conflictos:

- Uso Correcto: Se determina cuando el uso actual coincide con la aptitud de la tierra y en la matriz de interpretación de uso vs. capacidad, está representado por el valor de 1 y color verde claro, ocupando el 46.03 por ciento del cantón con 46791.4 ha.
- Sobreutilización: Corresponde a las clases de uso actual con las cuales la capacidad de uso de las tierras son aprovechadas en forma más intensiva que la que puede soportar de acuerdo a sus características biofísicas; es decir, el uso es inadecuado, por consiguiente, en estas áreas, con las prácticas actuales se propicia la destrucción del recurso y se acelera la erosión de los suelos. Relacionadas con esta categoría están las áreas erosionadas, en estas condiciones se encuentra el 28.97 por ciento del cantón con 29 447.8 ha.
- Subutilización: Se caracteriza por cuanto la capacidad de uso de la tierra es utilizada con menor intensidad de la que puede soportar el recurso, lo que determina un bajo aprovechamiento del mismo. Lo que no puede causar un deterioro directo en el área, pero puede propiciar que la presión de uso se transfiera a áreas de subutilización del recurso. Dentro de esta unidad se encuentran 19506.7 ha, que son el 19.19 % del cantón Ambato.



Fuente: GADMA, 2015

Figura 4.35. Conflictos Sociales en el Uso del Suelo

4.12 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores promedio de los datos meteorológicos obtenidos en las estaciones del INAMHI en relación a los caudales medios obtenidos por el HGPT, indican que el río Ambato durante los meses de octubre de 2015 hasta febrero de 2016, presenta la menor cantidad de caudal (de 1.58 m³/s a 2.83 m³/s) los cuales se incrementan a partir del mes de marzo de 2015 (de 3.46 m³/s a 6.08 m³/s). Esta cantidad es apropiada para mantener el caudal ambiental del río, sin embargo el 70% de este caudal es desviado por la bocatoma del proyecto Huachi-Pelileo, que incide directamente en la calidad del agua, afectando al componente biótico de la microcuenca media y baja del río Ambato principalmente en la temporada de sequía.

Los valores más representativos en cuanto a la comunidad de macroinvertebrados, tanto en el período de lluvia como en el de sequía, se registran en los sitios de monitoreo de la microcuenca alta del río Ambato. Esto se debe al buen estado de las

características hidromorfológicas que presenta el río en este punto, ya que son las más óptimas para el desarrollo de macroinvertebrados, por otra parte los sitios de muestreo ubicados en la microcuenca baja obtuvieron los valores menos representativos.

El análisis ecológico indica que el valor más alto de diversidad de macroinvertebrados se encuentra en la microcuenca alta durante el período de lluvia, en el P1-M1 del mes de abril del 2016 con un valor de 2.28 (Figura 4,14), sin embargo al comparar con la escala de diversidad de Shannon-Weaver (1 a 5), presenta una diversidad media-baja.

Para los valores más representativos de riqueza de macroinvertebrados, se determina una riqueza media-alta de 3.5 registrado en el P1-M3 de la microcuenca alta, durante el mes de mayo de 2016 (período de lluvia). Sobre la dominancia en esta microcuenca, los valores indican que no existe dominancia de alguna especie ya que presenta una riqueza alta. Estos valores según Roldán (1992), en comparación con índices ecológicos que presentan los páramos y que denotan buena calidad, indican que las actividades humanas realizadas en este sector, provocan un impacto negativo sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos y por ende a la calidad de agua del río.

En cuanto a los análisis ecológicos de los sitios de muestreo de la microcuenca media, los valores de diversidad y riqueza presentan índices menores a 1.1 durante los períodos de sequía y lluvia (Figuras 4.7 y 4.18), indicando que los ecosistemas acuáticos de este sector están siendo afectados directamente por la disminución del caudal del río y por la aguas residuales que genera la ciudad, sin embargo estas condiciones a generado a que la especie *Camelobartidius* sp., del orden Ephemeroptera, sea la especie más abundante y dominante del sector.

Para los sitios de muestreo de la microcuenca baja, los valores de los índices ecológicos de diversidad, abundancia y riqueza son los más bajos durante todo el período de estudio, esto se debe a que en este sector, las aguas han acumulado la contaminación proveniente de las descargas de la ciudad de Ambato.

Los resultados de las correlaciones existentes entre las comunidades de macroinvertebrados con los parámetros físico-químico para los puntos de la naciente del río Ambato durante el período de sequía, señalan una relación positiva entre los componentes bióticos y abióticos, destacando las relaciones positivas existentes entre los parámetros DBO₅, SO₄, SST, Cl, K con familias de macroinvertebrados como Blephariceridae, Gripopterygidae, Philopotamidae, que son buenos indicadores de buena calidad, sin embargo para el período de lluvia se producen relaciones negativas entre la mayoría de parámetros físico-químicos con casi todas las familias de macroinvertebrados, se podría interpretar que mientras aumenta el caudal del río por las lluvias, esta arrastra más sedimentos lo que aumenta la concentración de los parámetros físico-químicos, además el aumento de la corriente provocaría la migración de estas especies a corrientes menos caudalosas.

Las correlaciones generadas en el período de sequía, para los sitios de muestreo de la microcuenca media, señalan que hay relaciones positivas entre los parámetros físico-químicos como DBO₅, SO₄, DQO, pH, SST, K, con macroinvertebrados de las familias Baetidae, Muscidae, Limnaeidae y para la temporada de lluvia la generación de relaciones positivas entre SO₄ y K con Baetidae; para Limnaeidae, Dugesiidae, Tubificidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, con Cl⁻ y pH. Las relaciones existentes entre los componentes bióticos y abióticos son mayores en la temporada de lluvia, lo que indica que las lluvias ayudan a recuperar el caudal natural del río propiciando las relaciones entre las mismas.

Para la microcuenca baja, unicanmente se generan relaciones negativas entre los macroinvertebrados y los parámetros abióticos durante los períodos de sequía y lluvia ya que las concentraciones de los parámetros físicos-químicos posee altos niveles de contaminación y afectan a las especies existentes.

Los índices de calidad de agua aplicados en este estudio para los sitios de muestreo de la microcuenca del río Ambato, durante los períodos de sequía y lluvia, indican que:

- La microcuenca alta posee los valores más altos en cuanto a calidad de agua: ICAs Horton con valores de 63.3 aguas con indicios de contaminación a 93.8 niveles de contaminación aceptable (Figura 4.24); BMWP/Col con valores de 43 a 111 aguas moderadamente contaminadas a muy limpias (Figuras 4.5 y 4.16); Índices hidromorfológicos con un puntaje de 19 indicando (Tabla 4.1) presentando una buena calidad en sus componentes hidromorfológicos.
- La microcuenca baja, durante los períodos de sequía y lluvia, poseen los valores más altos en cuanto a contaminación: ICA Horton con valores de 26.7 a 32.7 aguas fuertemente contaminadas (Figura 4.24); BMWP/Col con valores de 3 a 9 aguas fuertemente contaminadas (Figura 4.23); EPT con porcentajes de 0% ya que en este sector no se registraron macroinvertebrados pertenecientes a EPT, siendo aguas de muy mala calidad; Índices hidromorfológicos con un puntaje de 19 indicando (Tabla 4.1) presentando una mala calidad ya que sus componentes hidromorfológicos han sido modificados considerablemente.
- El índice EPT, para la microcuenca media, presenta porcentajes que van de 50 a 98, indicando que el agua del río son de buena y muy buena calidad (Figuras 4,8 y 4,19) sin embargo los índices Ecológicos (Figura 4.7 y 4.18), Horton (Figura 4.24) y BMWP/Col (Figuras 4.9 y 4.20), indican que las aguas del río, se encuentran fuertemente contaminados, reflejados en la baja diversidad y riqueza de macroinvertebrados. Esta contradicción de estimación de calidad se debe a que existe una especie dominante *Camelobatidius* sp, perteneciente al Orden Ephemeroptera, que se adapta a aguas que poseen cierto grado de contaminación.

4.13 PROPUESTAS DE GESTIÓN MANEJO PARA LA DISMINUCIÓN DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO AMBATO

Las propuestas de gestión tienen como fin ser un instrumento guía para optimizar las estrategias de monitoreo de calidad de agua del río que realiza la Municipalidad de Ambato.

Para minimizar las principales causantes que generan la contaminación de agua del río Ambato, se propone aplicar los siguientes instrumentos de gestión:

- Instrumento de Planificación: Optimización del uso del recurso agua en la microcuenca del río Ambato.
- Instrumento de Planificación: Restauración y Monitoreo de los ecosistemas de la microcuenca del río Ambato.
- Instrumento de Educación Ambiental: Capacitación de la población aledaña a la microcuenca del río Ambato y generación de compromiso ambientales.
- Instrumentos Económicos: Valoración Económica de la Oferta Hídrica de la microcuenca del río Ambato.

4.13.1 OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL RECURSO AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO

El conocimiento del buen manejo del recurso agua, evita que una población desperdicie este recurso, por eso es necesario y a la vez indispensable la actualización y aplicación de nuevas tecnologías.

Por tal motivo, el presente Instrumento de Planificación permitirá a que las autoridades difundan en los pobladores del cantón Ambato, la situación actual del recurso hídrico para la toma conjunta de decisiones y optimizar el uso de este recurso.

Las actividades establecidas dentro de este instrumento son:

1. Compromiso por parte de las entidades públicas como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), HGPT, SENAGUA bajo la coordinación del GADMA, en buscar nuevas tecnologías de riego y facilitar su adquisición a las comunidades productivas de la microcuenca del río, principalmente al sector agrícola que utiliza las agua de la bocatoma del proyecto Huachi-Pelileo.
2. Optimización del uso del agua en el sector urbano con el fin de promover la implementación de medidas de ahorro en la ciudadanía y así obtener una reducción

de su consumo en los sectores público y privado mediante capacitaciones generadas por el GADMA.

3. Realizar un estudio por parte del MAGAP, HGPT, y GADMA, sobre el costo-beneficio de los productos agrícolas producidos en la microcuenca en relación a la utilización del recurso agua.
4. Mediante la coordinación entre los técnicos del MAE, MAGAP, SENAGUA, HGPT, EMAPAA y GADMA, generar un manual de buenas prácticas para el ahorro del consumo de agua en los sectores agrícolas e industrial.
5. Crear un comité de vigilancia entre las instituciones públicas con los líderes comunitarios para dar seguimiento continuo a la distribución equitativa de agua en los diferentes canales de aprovechamiento existentes en la microcuenca del río Ambato, cuya coordinación estará a cargo del promotor ambiental del GADMA.
6. Crear una comitiva ambiental permanente, mediante la generación de acuerdos entre las instituciones públicas (MAE, MAGAP, SENAGUA, HGPT, EMPAA y GADMA), con representantes de las comunidades, para controlar y evitar la parcelación de tierras, presentando informes mensuales sobre el estado de las áreas, así como un informe anual de los resultados obtenidos.

Presupuesto tentativo para la ejecución de la propuesta del primer año

- Material para capacitaciones: USD \$ 3,000
- Logística (movilización de los técnicos): \$ 100 x 12= USD \$ 1,200.00
- Impresión del manual (2,000 ejemplares): USD \$ 6,000:

Valor total: USD \$ 10,200

4.13.2 RESTAURACIÓN Y MONITOREO DE LOS ECOSISTEMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO

La alteración de los ecosistemas existentes en la microcuenca se debe a la presencia de factores como: la creación de minifundios en los páramos, desbroce de la cobertura vegetal, presencia de ganado en las riberas del río, mal uso del agua en las diferentes

actividades sociales y productivas así como descarga directa de aguas residuales en el río Ambato, los cuales han provocado que la calidad y cantidad de agua del río se encuentre fuertemente alterada.

La presente propuesta establece cuatro actividades que servirá para que la Municipalidad de Ambato conozca la situación real del grado de contaminación que presenta el río Ambato para que en lo futuro genere una clasificación de los usos del agua así como establecer medidas de mitigación en los sectores que producen contaminación y para restauran los ecosistemas acuáticos del río Ambato con el fin de mejorar la calidad de agua del río.

A continuación se detallan las actividades de la presente propuesta:

1. Restauración de los ecosistemas de la microcuenca del río Ambato.

Microcuenca Alta

- Iniciar campañas de reforestación en las áreas afectadas mediante el uso exclusivo de platas nativas de la zona, con el fin de retener la humedad y mantener los ciclos de agua locales, tomando como referencia para el inicio de esta actividad las 19506.7 ha., de las zonas subutilizadas que registra el POT del cantón Ambato, siendo una meta inicial de 500 ha reforestadas en el primer año de implantación de esta actividad. Los puntos a reforestar serán determinados por la comitiva ambiental.
- Implementar cercas vivas en las riberas del río con especies nativas de la zona, para evitar que exista el contacto del ganado y sus desperdicios con el agua del río, iniciando esta actividad en los ríos Colorados, Blanco y parte del río Ambato teniendo como meta del primer año de inicio, un total de 93.3 ha. Los puntos propuestos para esta iniciativa son: río Colorado iniciando desde los 3672 m.s.n.m., hasta los 3593 m.s.n.m (7.6 ha); río Blanco iniciando desde los 3896 msnm hasta los 3592 m.s.n.m. (28.6 ha) y río Ambato desde 3592 m.s.n.m., hasta los 3271 m.s.n.m. (57.1 ha).

Microcuenca media y baja

- Crear cercas vivas con especies nativas en las riberas del río, con el fin de mejorar la hidromorfología de las microcuencas media y baja, siendo una cortina para que los malos olores de este sector no se desplacen a la zona urbana. La meta de áreas reforestadas para el primer año sería de 11.95 ha., para la microcuenca media, con una primera etapa que iniciaría desde los 2585 m.s.n.m., hasta los 2574 m.s.n.m. (1.92 ha) y una segunda etapa desde los 2556 m.s.n.m., hasta 2486 m.s.n.m. (10.3 ha). Para la microcuenca baja se iniciaría desde los 2479 m.s.n.m., hasta los 2422 m.s.n.m., con un total de 18.9 ha.
- Mejorar e incrementar parques lineales en las áreas colindantes a las riberas del río Ambato.
- Implementar un humedal artificial de flujo subsuperficial para las descargas (aproximadamente 15 puntos de descarga) que no tienen tratamiento en los sectores de Miraflores, Ficoa, Atocha y La Liria, colindantes al río Ambato y que no tienen tratamiento. La aplicación de este sistema de tratamiento debe ubicarse en las orillas del río Ambato con el fin de dar un contraste natural al paisaje además su costo de construcción y operación son menores al de una planta de tratamiento convencional.

2. Reubicación de los Puntos de Monitoreo, para el establecimiento de una red de monitoreo de calidad de agua.

Microcuenca: Río Ambato, Siglas: RA

- RA0.- Localizado en las microcuenca alta del río Ambato a 500m de la unión del río Blanco y Colorado, ubicación geográfica: 738460.11E 9854027.39 S a 3548 m.s.n.m.
Justificación Técnica: Considerado como la muestra de referencia (muestra en blanco) que servirá para registrar el estado inicial de la calidad del río.
- RA1.- Localizado a 300 m río abajo de la Quebrada Yatzapuzan Grande, ubicación geográfica: 745899.88 E; 9858067.36 S a 3110 m.s.n.m.

Justificación Técnica: Es el primer sitio en que el río Ambato recibe descargas de una población.

- RA2.- Localizado a 250 m antes de la Bocatoma Huachi-Pelileo, ubicación geográfica: 749950.33 E; 9858303.90 a 3239 m.s.n.m.

Justificación Técnica: Se considera a este sector para muestreo ya que es punto de finalización de la microcuenca alta del río y el inicio de la microcuenca media del río Ambato de acuerdo a la clasificación establecida por el HGPT, además en este punto comienza la disminución del caudal del río Ambato.

- RA3.- Localizado a 300m río abajo de la desembocadura del río Alajua ubicación geográfica: 758731.97 E; 9860134.05 S a 2705 m.s.n.m.

Justificación Técnica: Se considera a este punto ya que recibe las descargas de las cabeceras cantonales de: San Fernando, San Antonio de Pasa, Pilahuin, Juan Benigno Vela y Quisapincha.

- RA4.- Localizado a 150m de la Quebrada Quillalli, ubicación geográfica: 761822.15 E; 9861058.16 S, a 2594 m.s.n.m.

Justificación Técnica: De acuerdo al inventario de descargas de la EMAPAA, este es el primer sitio en que el río recibe aguas residuales de la ciudad de Ambato.

- RA5.- Localizado a 150m del sector de descarga Sifón invertido del Socavón, ubicación geográfica: 765103.12 E; 9864130.84 S a 2485 m.s.n.m.

Justificación Técnica: En base el inventario de la EMAPAA, desde el inicio del sector urbano hasta este punto, el río ha recibido las aguas residuales de 15 sitios de descarga, siendo el de mayor caudal el del Sifón invertido del Socavón. Hasta este punto el río recibe un caudal de descarga de 347 l/s.

- RA6.- Localizado a 150m río abajo del colector Lalama ubicación geográfica: 7656530.58 E; 9861760.25 S a 2434 m.s.n.m.

Justificación Técnica: Se considera a este sector para muestreo ya que es el punto de finalización de la microcuenca media del río y el inicio de la microcuenca baja del río Ambato, En este punto el río ha recibido las aguas residuales de 21 sitios de descarga desde el inicio del área urbana, además en este punto el río recibe la segunda descarga de mayor caudal (250 l/s).

- RA7.- Localizado a 150m de la Quebrada Terremoto, ubicación geográfica: 770685.00 E; 9861718.00 S a 2328 m.s.n.m.

Justificación Técnica: Es el sitio donde el río Ambato ha recibido el total de las aguas residuales generadas en la ciudad de Ambato que son de 26 sitios de descarga (1347 l/s) incluidas las aguas residuales de las cabeceras cantonales.

3. Implementación de Índices de Calidad de Agua

- Para la obtención de muestras abióticas y bióticas, se aplicará la metodología que se describe en el Capítulo 3 del presente estudio.
- Para los parámetros físico-químicos, aplicar el índice planteada por Horton, debido a esta utiliza el mayor número de parámetros que posee el laboratorio del GADMA, aplicando la fórmula:

$$ICA= K C_i P_i / \sum P_i$$

Para la obtención de los valores de C_i y P_i , se utilizará la Tabla que se encuentra en el Anexo N° 10.a., y para las interpretaciones de los resultados se utilizará la Tabla del Anexo N° 10.b.

- Incluir dentro del análisis del GADMA, los parámetros NO_3^- y coliformes fecales, además se debe implementar en el laboratorio, los materiales, reactivos y equipos para la obtención de estos valores.
- Para los parámetros biológicos, aplicar los índices BMWP/Col, cuyos puntajes de familias de macroinvertebrados se observan en la Tabla del Anexo N° 9.a., y para las interpretaciones de calidad se utilizará la Tabla del Anexo N° 9.b.
- Para reforzar los parámetros biológicos se pueden utilizar los índices de Diversidad de Shannon-Weaver, Dominancia de Simpson, Riqueza de Margalef y Equitatividad de Pielou.
- Adquirir un medidor de caudal móvil RiverRay ADCP, para obtención de valores del río, en los diferentes sitios de muestreo, ya que actualmente el GADMA no dispone de un aforo para la toma de datos de caudal y cuyos resultados son indispensables al momento de implementar proyectos en relación al manejo del río.

4. Frecuencia de los muestreos y elaboración de material impreso.

- Realizar la toma de datos para los parámetros físico-químicos mensualmente y para la toma de muestras de bioindicadores realizar cuatro muestreos anuales, en los meses de octubre y enero (período de sequía) y abril y julio (período de lluvia).
- Presentar 4 informes trimestrales y un informe final al terminar el año de muestreo que contenga los resultados de la calidad de agua en la microcuenca del río Ambato mediante la utilización de bioindicadores complementados con parámetros físico-químicos.
- Realizar la contratación de un especialista para la elaboración del manual de macroinvertebrados del cantón Ambato.
- La continuidad de esta propuesta, se la debe realizar conforme lo indica la Agenda Ambiental de la Municipalidad de Ambato, es decir hasta el año 2018, después de este período de monitoreo, dependerá de las autoridades de turno la prolongación de la misma.

Presupuesto tentativo para la ejecución de la propuesta del primer año

- Adecuación del laboratorio: USD \$6,500.00
- Contratación de dos profesionales (SP3): USD \$ 986,00x2x12= USD \$23,664.00
- Adquisición de reactivos físico-químico: USD \$ 8,243.94 x 12 = USD \$ 98,927.28
- Adquisición de equipos y materiales (redes, frascos, vestimenta especializada): USD \$ 500.00
- Logística (movilización de los técnicos y traslado de las muestras): \$ 200 x 12= USD \$ 2,400.00
- Elaboración de informes (1000 ejemplares)= USD \$3,000.00
- Contratación de un especialista para la elaboración del manual de macroinvertebrados del cantón Ambato: USD \$5,000.00
- Impresión del manual de macroinvertebrados (500 ejemplares): USD \$1500.00

- Implementación del humedal artificial de flujo subsuperficial (costo aproximado tomado en referencia al tratamiento de 6060 m³/día más costos de operación de un año): USD \$706,467.
- Presupuesto para la adecuación de parques lineales 150,000.00
- Impresión de Informes del monitoreo de efluentes (1000 ejemplares): USD \$ 3,000.00
- Adquisición del medidor de caudales móviles RiverRay ADCP: USD \$ 27,744.00

Valor total: USD \$ 1'028,702.28

4.13.3 CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA A LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO Y GENERACIÓN DE COMPROMISO AMBIENTALES

Mediante la presente propuesta se espera general una conciencia ambiental en los habitantes del cantón Ambato, mediante capacitaciones que genere el departamento Ambiental de la Municipalidad de Ambato, así como la generación de convenios de cooperación entre las instituciones públicas y privadas con el fin de minimizar los impactos negativos en el río Ambato.

Las actividades para esta esta propuesta son:

1. Incentivar a la población de la microcuenca alta a declarar un porcentaje de sus tierras para que formen parte de las áreas de conservación del cantón Ambato, siendo la meta inicial de dos declaratorias en el año.
2. Declarar como área de conservación primordial el cerro Casahuala y los páramos colindantes dentro de las áreas de conservación en las categorías de conservación del GADMA (Refugio de Vida Silvestre y Reserva Municipal de Fuentes Hídricas), cumpliendo esta actividad en dos años, asegurando la conservación de 1,3445 ha.
3. Realizar capacitaciones a la población aledaña a la microcuenca del río, para generar una conciencia ambiental sobre la disminución del consumo de agua en especial en los usos domésticos y los usos agrícolas como riego.

4. Capacitar e incentivar el uso de productos agroquímicos ecológicos principalmente a los sectores productivos de la microcuenca alta.
5. Capacitar a la población en temas de turismo comunitario para incentivar la actividad turística mediante la implementación del agroecoturismo y visitas a los atractivos naturales existentes en la microcuenca.
6. Capacitación en los temas de manejo y tratamiento de desechos producidos por las actividades agrícolas-ganaderas en los páramos.
7. Incentivar la creación de microempresas comunitarias para las poblaciones de la microcuenca alta, mediante la capacitación en temas relacionados a la producción y mercado, para establecer núcleos de producción que beneficien a una comunidad con el fin de minimizar la parcelación de los páramos y el consumo de agua.
8. Establecer el programa de educación ambiental: “Yaku kan kawsay” e involucrar a la ciudadanía, en especial a escuelas y colegios sobre la diversidad existente en las aguas del río y los efectos que estos sufren cuando las aguas son contaminadas, con el fin de disminuir el consumo de agua.
9. Realizar charlas, proyectos y eventos, en cuanto al tema de consumo y contaminación del agua, con la participación activa de instituciones públicas y privadas, elaboradas mediante un programa de educación ambiental dictado por un promotor ambiental del GADMA, para generar una conciencia ambiental al cuidado de este recurso. con el fin de concienciar y optimizar el uso del recurso.
10. Establecer convenios con la industria privada para la implementación de tecnologías que disminuyan la carga de contaminación de sus efluentes las cuales están dentro de su responsabilidad con la sociedad. Esta actividad debe ser monitoreada frecuentemente mediante la presentación de análisis del agua tanto de las empresas como del GADMA. Estos resultados se presentarán mediante informes trimestrales y un informe anual.

Presupuesto tentativo para la ejecución de la propuesta del primer año

- Insumos para las capacitaciones: USD \$ 3,000.00

- Impresión del programa de educación ambiental: “Yaku kan kawsay”: USD \$5,000.00
- Logística (movilización de los técnicos y traslado de las muestras): \$ 200 x 12= USD \$ 2,400.00

Valor total: USD \$ 10,400.00

4.13.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA OFERTA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AMBATO

El agua que abastece a la población del cantón Ambato, proviene en gran parte de la microcuenca del río Ambato, por lo que es necesario conservar los ecosistemas para que sigan generando agua de buena calidad y en las cantidades necesarias para cada uso.

La implementación de programas de conservación y aplicación de buenas prácticas productivas son indispensables para conservar los ecosistemas, sin embargo existen otras alternativas de gestión como los Pagos por Servicios Ecosistémicos Hídricos, el cual consiste en el pago adicional de una tarifa hídrica a las actividades que se benefician del recurso, principalmente a los sectores que consumen mayor cantidad de agua. Este pago servirá para solventar la implementación de prácticas sostenibles en los páramos y bosques y mantener la generación de agua en la microcuenca.

Por esta razón la presente propuesta está dirigida a la implementación de un pago en la tarifa de agua por Servicios Ecosistémicos Hídricos mediante la contratación de un equipo consultor por parte de la Municipalidad de Ambato para la elaboración del estudio.

Presupuesto tentativo para la ejecución de la propuesta

- Costo por contratación de servicios profesionales: USD \$ 70,000.00

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se caracterizó las comunidades de macroinvertebrados presentes en cada uno de los sitios de muestreo de la microcuenca del río Ambato, durante ocho meses que duró el estudio, abarcando los períodos de sequía y lluvia, colectando un total de 10,329 individuos, distribuidos en 45 especies, 35 familias y 13 órdenes, cuya variabilidad espacial dentro del río se da con la mayor concentración de comunidades de macroinvertebrados en la microcuenca alta, disminuyendo considerablemente en la microcuenca media y con registros mínimos en la microcuenca baja.
- Los índices de diversidad y riqueza de la microcuenca del río Ambato van de media a baja, esto se debe a la presión que ejercen las actividades antropogénicas realizadas en las riberas del río, que de no cambiar estas prácticas, seguirá disminuyendo irremediablemente.
- Al determinar la estructura de macroinvertebrados en los períodos de sequía y lluvia, durante el tiempo de estudio, se determinó que el aumento de precipitación incide en el incremento de los índices de diversidad, dominancia y riqueza, sin embargo hace que la abundancia de individuos disminuya.
- Las concentraciones de las variables físico-químicas inciden negativamente en las comunidades de macroinvertebrados durante los períodos de sequía y lluvia a excepción de los sitios de la microcuenca alta del río Ambato, en temporada de estiaje, en donde estas variables físico-químicas inciden positivamente en las comunidades de macroinvertebrados.
- La aplicación de los índices de calidad de agua señalan que los sitios de muestreo que se encuentran en el sector de la microcuenca baja, presentan el mayor índice

de contaminación, debido a que la mayor parte del caudal de este sector proviene de las descargas urbanas de la ciudad de Ambato sin ningún tipo de tratamiento.

- Los valores bajos de calidad de agua del río obtenidos tanto para el componente biológico como para el físico-químico en los sitios de muestreo de la microcuenca media y baja del río, se relaciona directamente con la pérdida de caudal producida en la bocatoma del proyecto Hauachi-Pelileo, afectando al río principalmente en los meses de sequía.
- Los porcentajes elevados de EPT en la microcuenca media para los dos períodos de estudio, ya que como menciona Domínguez y Fernández (2009), la especie *Camelobatidius sp.*, perteneciente al Orden Ephemeroptero, suele adaptarse de manera exitosa a los ecosistemas alterados, por tal razón, los porcentajes altos de calidad agua son muy elevados y no reflejan la realidad de la contaminación que tiene el río en este sector.

5.2 RECOMENDACIONES

- Cumplir con las actividades establecidas en las propuestas de manejo con el fin de recuperar la belleza histórica del río Ambato.
- Fomentar la capacitación continua del personal del GADMA en temas de manejo, cuidado y monitoreo del recurso agua.
- Incluir dentro de sus comunicados y reportes a la ciudadanía, las acciones que se implementarán para el control, cuidado y recuperación del río Ambato.
- Crear una comisión municipal para el control de la calidad del río Ambato con el fin de involucrar a la comunidad, instituciones públicas y privadas al compromiso de restaurar la microcuenca del río Ambato, mediante reuniones frecuentes con los diferentes actores sociales.
- Para la obtención de índices de calidad de agua con parámetros biológicos se recomienda no incluir el índice EPT, hasta realizar estudios sobre el comportamiento de adaptación a la contaminación que tiene el orden Ephemeroptero en las aguas del río Ambato.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., B. Ríos, 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 (2009)
- Albuja, L., M. Ibarra, J. Urgilés, R. Barriga. (1980). Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. Instituto Alexandre Von Humboldt. Medellín-Colombia.
- Arce, O. (2006). Indicadores Biológicos de Calidad de Agua. Universidad mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología programa de Maestría en Ingeniería Ambiental.
- Baddi, Z., Garza, C., & Landero, F. (2005). Los indicadores biológicos en evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. *Cultura Científica y Tecnológica*, 2(6), 4-20.
- Bonada, N.; N. Prat; V. H. Resh & B. Statzner. (2006). Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 495–523.
- Cañadas Cruz, L. (1983). El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, MAG-PRONAREG, Quito.
- Carrera, C. & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Ciudad Alfaro: Asamblea Constituyente.
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización-COOTAD, (2010). Registro Oficial No. 303 de martes 19 de octubre del 2010.
- Dinus, S. (1972). Social accounting system for evaluating water resources. *Water Resources Research*, 8, 1159-1177.

- Domínguez, E. & H. R. Fernández. (Eds.). (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- El Comercio. (2015). Tungurahua: Cuidado del Páramo da vida a Pilahuín. Especiales El Comercio. En: <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/27-de-septiembre-2015/tungurahua--cuidado-del-paramo-da-vida-a-pilahuin>.
- Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato EMAPA-A. (2016). Inventario de las Plantas de Tratamiento de la ciudad de Ambato.
- Esteves, F. (1998). Fundamentos de limnología (2a ed.). Río de Janeiro: Interciencia Ltda.
- Gamarra, Y., R. Restrepo. (2013). Metodología para la Formación de Estudiantes de Ingeniería ambiental utilizando índices fisicoquímicos y biológicos para determinar calidad de agua en la Quebrada Menzuli (Santander, Colombia). Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 6, No. 2, 37 – 45 6 de agosto de 2013.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2006). Ordenanza para el Manejo Ambiental de aceites, pilas y acumuladores usados en el Cantón Ambato.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2006). Ordenanza para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Ocasionada por las Actividades Agroindustriales, Industriales, Artesanales, Domésticas y de Servicio en el Cantón Ambato.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2008). Ordenanza para la Gestión integral de los residuos sólidos en el cantón Ambato.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (2012). Agenda Ambiental de Ambato, Ambato, Ecuador 2012.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2015). Revista Informativa Ambateña.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. (2016). Informes mensuales sobre las concentraciones de los parámetros físico-químicos del río Ambato correspondientes a los meses de octubre de 2015 a mayo de 2016.
- Gobierno Parroquial Rural de Pilahuín. (2011). Plan Estratégico de desarrollo Parroquial de "Pilahuín".
- Hanson, P.; Springe, M. & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical* 58(4): 3-37.
- Hawker, H. (1980). Invertebrates as indicators of river water quality. En A. James, & L. Evinson, *Biological Indicators of water quality* (p. 234). New York.
- Herbas, R., F. Rivero, Gonzales, O. (2006). Indicadores Biológicos De Calidad Del Agua. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Cochabamba-Bolivia.
- Hoback, W., & D Stanley. (2001). Insects in hipoxia. *Journal of Insect Physiology*.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2012). Agenda Tungurahua desde la Visión Territorial. Ambato, Ecuador.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2013). Agenda Ambiental de Tungurahua.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2014). El Plan Provincial de Riego de Tungurahua.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Tungurahua Fase de Diagnostico.
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2016). Registro de caudales del proyecto "Huachi-Pelileo" de los meses de octubre 2015 hasta abril de 2016.
- Horton, R. (1965). An index number system for rating water quality. *WPCF*, 37, 36-44.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. (2010). Datos de población del cantón Ambato.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. (2012). Anuario de Estadísticas Hospitalarias Camas y Egresos 2012.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI. (2016). Informes anuales.
- Klemm, D. J., Lewis P. A., Fulk F. y La-Zorchak J. M. (1990). Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters.

- EPA/600/4- 90/030. U S. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, Ohio 45268.
- Ley de Gestión Ambiental. (2004). Registro Oficial No. 418 del 10 de Septiembre de 2004.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. (2004). Registro Oficial N° 418 del 10 de Septiembre de 2004.
- Liebman, H. (1969). Atlas of water quality: methods and practical conditions. Munich: Idenborough.
- Margalef, R. (1951). Diversidad de especies en las comunidades naturales. P.Ins.Biol.Aool.9: 15-27.
- Ministerio del Ambiente MAE. (2012). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.
- Norma Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente-TULSMA, (2015). Reforma del 4 de noviembre de 2015. Registro Oficial N° 387.
- NSF – National Sanitation Foundation, (1970). Individual aerobic wastewater treatment plants.
- Ordoñez, M. (2010). Proyecto Piloto para la Estimación de Caudales Ambientales en la Cuenca del Río Pastaza, basado en un panel de expertos. Proyecto de Titulación de Ingeniero Ambiental. Escuela Politécnica del Ecuador. Quito-Ecuador
- Oscos, J. (2009). Guía de campo Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino Gobierno de España, Confederación Hidrográfica de Ebro. Cemeyká. Ebro-España.
- Pourrut, P. (1983). Los Climas del Ecuador-Fundamentos Explicativos. Estudio realizado en el marco de un convenio entre la ORSTOM y PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería). 40p.
- Prat, N., & Rieradeval M. (1998). Criterios de evaluación de la calidad del agua en los lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. Actualidades Biológicas, 20(69), 137-147.

- Prat, N.; M. Rieradevall; Acosta, R.; C. Villamarín. (2011). Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Diptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú, Clave para la determinación de los géneros. Grupo de Investigación F.E.M. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona.
- Pratti, L., Pavanello, R., & Pesarin, F. (1971). Assessment of surface water quality by a single index of pollution. *Water Res*, 5, 741-751.
- Ramírez, G.A. y Viña, V.G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Panamericana, Bogotá. 293 pp.
- Riss, W., Ospina, R., & Gutiérrez, J. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para los macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá. *Caldasia*, 24, 136-156.
- Rivera, R. (2004). Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos: Tesis, Universidad de los Andes, Mérida.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología tropical*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). Estudio limnológico del embalse del Guavio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*.
- Rosas, J., Avila, H., Sánchez, A., Rosas, A., García, S., Sampedro, L., Granados, J., Juárez, A. (2014). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.
- Secretaria del Agua, SENAGUA. (2010). "Sistema de Monitoreo Participativo de la Calidad del Agua (SMPCA) en la Cuenca del Río Pastaza. II Fase", Proyecto Eastern Cordillera Real Landscape WWF SCAPES Program.
- Secretaria del Agua, SENAGUA. (2015). *Concesiones de agua localizados en los márgenes del río Ambato*.

- Servicio Nacional de Estudios Territoriales del salvador. (2009). Índice de Calidad de del Agua General "ICA". Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador.
- Shannon, C.E. & W. Weaver. (1949). The mathematical theory of communication. Pp. 19-27, 82-103, 104-107. The University of Illinois Press, Urbana, IL.
- Simpson, E.H. (1949). Mearment of diversity. Nature 163 (4148), 688.
- Smith, R., & Smith, T. (2001). Ecología. Madrid: Addison Wesley.
- Tercedor, J. A. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIANGA). Almería II.
- Ulloa, R., Tamayo, D., Martínez, C., Fiallos, D., Vargas, M., Chico, V., y X. Carvajal. (2014). Propuesta de conceptualización del Sistema de Áreas de Conservación del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato. Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato y Conservación Internacional - Ecuador. Ambato, Ecuador.
- Valcarcel, L., Alberro, N., Frías, D. (2009). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Año 9, No.16, 2009 ISSN-1683-8904.
- Vinson, M. & Hawkins, C. (1998). Biodiversity of stream insects: Variation al local, basin, and regional scales. Annual Review of Entomology 43:271-293.
- Washington, H, G. 1984. Diversity, biotic and similarity índices. A review with special relevance to aquiatic ecosystems. Water Research 18 (6): 653-694
- Zúñiga, M. del C.; Rojas, A.M.; Serrato, C. (1994). Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología 20(2): 124-130.

ANEXOS

Anexo N° 1. Datos meteorológicos de la estación Pedro Fermín Cevallos para el período 1978-2015.

Datos Meteorológicos Estación Pedro Fermín Cevallos									
Período 1978 - 2015	Precipitación (mm)			Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Ene	0	28.3	72.3	12.2	13.1	14	72	80	92
Feb	3.6	41.5	103.8	11.7	13	14.3	72	81	92
Mar	18.5	47	95.3	12.2	13.1	14.4	75	82	93
Abr	14.6	64	144.7	12.3	13.1	14.4	74	83	92
May	20.4	64.4	199.5	11.9	12.9	13.9	74	83	92
Jun	19.3	55.6	145.2	11.2	11.9	12.9	75	83	93
Jul	11.7	42.2	89.4	9.9	11.3	12.5	75	83	92
Agt	3.6	33.8	124.1	10.4	11.4	12.4	74	81	91
Sep	5.4	34.1	140.7	11	12	13.4	73	79	91
Oct	2.4	41.1	120.3	12	13.1	14.2	71	79	96
Nov	4.9	40.7	109	12.7	13.6	14.4	71	79	93
Dic	4.6	31.2	92.6	12.5	13.4	14.2	69	79	88
Promedio	9.08	43.66	119.74	11.67	12.66	13.75	72.92	81.00	92.08

Fuente: INAMHI, 2016

Anexo N° 2. Datos meteorológicos de la estación de la estación Calamaca para el período 1988-2015

Datos Meteorológicos Estación Calamaca									
Período 1988 - 2015	Precipitación (mm)			Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Ene	2.2	57.9	101.2	8.8	9.6	10.6	82	88	94
Feb	7.8	71.6	238.4	8.3	9.5	10.6	77	87	93
Mar	19.9	75.7	230.1	8.9	9.6	10.6	79	87	94
Abr	11.8	76.9	135.4	8.9	9.7	12	75	87	94
May	18.6	66.1	129.8	8.6	9.4	10.3	83	88	94
Jun	14.1	95.5	320.2	8	8.8	9.4	83	89	92
Jul	15.2	71.6	169.6	7	8.5	10.1	81	87	92
Agt	13	50	109.1	7.2	8.4	9.2	78	88	93
Sep	10.6	43.6	76.6	8.1	8.9	9.6	80	88	92
Oct	7.4	48.4	144.1	8.6	9.5	10.6	79	86	92
Nov	2.2	47.2	115.8	8.9	9.8	10.5	78	86	93
Dic	1.2	57.9	234.1	8.9	9.8	10.5	73	86	92
Promedio	10.33	63.53	167.03	8.35	9.29	10.33	79.00	87.25	92.92

Fuente: INAMHI, 2016

Anexo N° 3. Ecosistemas remanentes en el cantón Ambato

Tipo	Ecosistema	Superficie (ha)	Porcentaje en relación a la superficie cubierta por remanentes naturales	Porcentaje en relación con la superficie total del cantón
Bosque	Bosque siempre verde de páramo	4248.89	7.25	4.18
	Bosque siempre montano del Norte de la cordillera oriental de los andes	7.11	0.01	0.01
	Bosque y Arbustal semidecíduo del norte de los Valles	78.13	0.13	0.08
Arbustal	Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes	4256.41	7.26	4.19
	Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo	15854.87	27.06	15.6
Herbazal	Herbazal del Páramo	14851.24	25.34	14.61
	Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	7766.45	13.25	7.64
	Herbazal húmedo subnival del Páramo	1575.61	2.69	1.55
	Herbazal inundable del Páramo	1100.32	1.88	1.08
	Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	4388.18	7.49	4.32
	Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	4474.06	7.64	4.4
Total		58601.27	100	57.66

Fuente: MAE, 2012

Anexo N° 4. Abastecimiento de agua en el cantón Ambato, 2010

Parroquia	Procedencia principal del agua recibida				
	De red pública	De pozo	De río, vertiente, acequia o canal	De carro repartidor	Otro (Agua lluvia/albarrada)
Ambato	96.6	0.9	1.7	0.3	0.6
Ambatillo	67.6	1.5	26.3	0.1	4.6
Atahualpa	92.5	0.4	1.4	3.0	2.7
Augusto N. Martínez	40.2	2.9	45.0	8.9	3.1
Constantino Fernández	51.7	4.5	40.8	0.1	2.9
Huachi Grande	65.2	2.4	18.8	8.7	4.9
Izamba	88.5	0.9	2.4	4.3	3.9
Juan Benigno Vela	54.4	3.2	36.9	0.2	5.3
Montalvo	67.4	1.4	25.9	0.8	4.6
Pasa	57.1	3.8	33.5	0.1	5.5
Picahua	68.9	4.2	24.1	0.0	2.8
Pilahuin	64.2	5.4	24.3	0.1	6.0
Quisapincha	69.9	1.4	24.2	0.0	4.5
San Bartolomé	62.8	2.2	33.5	0.0	1.5
San Fernando	54.9	5.8	35.4	0.1	3.7
Santa Rosa	45.6	0.7	35.2	7.8	10.8
Totoras	52.2	8.4	35.1	0.6	3.7
Cunchibamba	50.9	1.0	18.6	22.8	6.8
Unamuncho	80.0	0.9	1.5	10.9	6.7
TOTAL	81.7	1.6	12.1	1.9	2.6

Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: GADMA 2015

Anexo N° 5. Tipos de tratamiento a los desechos generados en el cantón Ambato, 2010

Ciudad o parroquia rural	Eliminación de la basura					
	Carro recolector	Arrojan en terreno baldío o quebrada	Queman	Entierran	Arrojan al río, acequia o canal	De otra forma
Ambato	96.5	0.4	1.7	0.2	0.0	1.2
Ambatillo	72.0	1.7	24.1	1.8	0.2	0.2
Atahualpa	87.8	2.3	7.9	1.2	0.2	0.7
Augusto N. Martínez	49.9	8.9	36.8	2.7	1.2	0.6
Constantino Fernández	28.8	8.6	57.8	4.1	0.1	0.7
Huachi Grande	72.2	2.5	21.1	2.6	0.3	1.3
Izamba	85.9	2.9	8.3	1.0	0.3	1.6
Juan Benigno Vela	50.7	4.4	40.9	3.5	0.3	0.2
Montalvo	64.9	5.9	23.8	4.2	0.3	1.0
Pasa	9.8	7.5	78.3	3.7	0.2	0.5
Picaihua	73.7	2.9	21.0	1.7	0.2	0.4
Pilalun	21.9	2.5	68.1	7.1	0.2	0.3
Quisapincha	26.9	0.9	67.7	4.0	0.2	0.3
San Bartolomé	84.0	2.4	12.1	0.6	0.3	0.6
San Fernando	15.0	6.6	72.6	4.9	0.6	0.3
Santa Rosa	61.6	1.8	33.5	2.2	0.3	0.7
Totoras	68.9	3.7	22.7	3.8	0.2	0.7
Cunchibamba	78.5	2.5	16.8	1.8	0.2	0.3
Unamuncho	63.7	6.5	26.5	1.7	0.8	0.9
TOTAL	79.3	1.7	16.4	1.4	0.2	0.9

Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: GADMA 2015

Anexo N° 6. Ocupación de población de Ambato por rama de actividad, 2010



Fuente: INEC, 2010

Anexo N° 7. Evolución de la población las parroquias rurales del cantón Ambato.

Parroquia	Población						
	1991	2001	2010	Incremento 1991 – 2001	%	Incremento 2001 – 2010	%
Ambato	133993	163830	178538	29837	18,21	14708	8.24
Atahualpa	5159	7344	10261	2185	29,75	2917	28.4
Pinllo	5914	7727	9094	1813	23,46	1367	15.0
Totoras	4285	5516	6898	1231	22,32	1382	20.0
Santa Rosa	11084	14511	21003	3427	23,62	6492	30.9
Quisapincha	6472	11581	13001	5109	44,12	1420	10.9
Huachi Grande	4876	6704	10614	1828	27,27	3910	36.8
Picaihua	5936	7403	8283	1467	19,82	880	10.6
Izamba	8260	11130	14563	2870	25,79	3433	23.6
Montalvo	2628	3202	3912	574	17,93	710	18.2
Pilahuín	6693	10639	12128	3946	37,09	1489	12.3
Unamuncho	3110	4002	4672	892	22,29	670	14.3
Ambatillo	3524	4212	5243	688	16,33	1031	19.7
Cunchibamba	3028	3847	4475	819	21,29	628	14.0
J. Benigno Vela	5812	6835	7456	1023	14,97	621	8.3
Pasa	5621	6382	6499	761	11,92	117	1.8
San Fernando	1975	2327	2491	352	15,13	164	6.6
Fernández	2180	2392	2534	212	8,86	142	5.6
A.N. Martínez	7233	7602	8191	369	4,85	589	7.2
TOTAL	227783	287186	329856	59403	20,68	42670	12.9

Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: GADMA 2015

Anexo N° 8. Concesiones de agua existentes desde las nacientes del río Ambato hasta el punto de unión con el río Pachanlica

Orden	Aprovechamiento	Caudal (lt/s)	Área (ha)	N° beneficiarios	Cota (msnm)	Ubicación (UTM)		Ubicación en referencia al curso del río Ambato
1	Acequia San Fernando Alta	40	19.3	13	2755	9859700	752300	Lado Izquierdo
2	Acequia San Fernando Baja	30	18.2	11	2735	9858300	756160	Lado Izquierdo
3	Acequia Aguaján San José	20	17.7	16	2890	9858400	751060	Lado Izquierdo
4	Acequia sin nombre	2.5	0.54	2	2990	Sin datos	Sin datos	Lado Izquierdo
5	Acequia San Francisco Titulún	20	3.5	5	2710	9860320	758100	Lado Izquierdo
6	Acequia Darquea Titlulúm	600	402	1300	2680	9860630	759650	Lado Izquierdo
7	Acequia Chacón Sevilla	481	937.9	1040	2640	9860440	761300	Lado Izquierdo
8	Acequia Catiglata la Peninsula	133.2	53.1	84	2660	9864380	764750	Lado Izquierdo
9	Acequia Sin nombre (lavado)	20	Sin datos	1	2720	9860250	758450	Lado derecho
10	Acequia El Molino	23.8	23.8	17	2780	9858130	754850	Lado derecho
11	Acequia Lalama	175	376	476	2660	9860850	760570	Lado derecho
12	Acequia de los Troya	Sin datos	Sin datos	Sin datos	2495	9864500	765800	Lado derecho
13	Acequia Toelle Juana	Sin datos	Sin datos	Sin datos	2350	9852150	770000	Lado derecho
14	Acequia Illina	Sin datos	Sin datos	Sin datos	2320	9861500	761800	Lado derecho
15	Acequia Quillan la Playa	Sin datos	Sin datos	Sin datos	2330	9862300	770950	Lado derecho
	Total	1545.5	1852.04					

Fuente: SENAGUA 2016

Anexo N° 9.a. Obtención de puntuaciones de las familias de macroinvertebrados

Familias	Puntuación
<i>Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophebiidae Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae</i>	10
<i>Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae</i>	8
<i>Ephemereillidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae</i>	7
<i>Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae</i>	6
<i>Oligoneuriidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae</i>	5
<i>Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina</i>	4
<i>Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dysticidae, Gyrinidae, Valvatidae,, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae</i>	2
<i>Oligochaeta (todas las clases)</i>	1

Fuente: Roldán (2003).

Anexo N° 9.b. Interpretación de puntuaciones de las familias de macroinvertebrados

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150. 101-120	Aguas muy limpias a limpias	AZUL
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Fuente: Roldán (2003).

Anexo N° 10.a. Peso asignado de Ci y Pi, de los parámetros físico-químico y tabla de intervalos para para calcular el índice de calidad del agua de Horton.

Valor Ci	OD	K	Turb	pH	T	NO3	SO4	Cl	DBO	ST	Coliformes totales
	mg/l	ms/cm	NTU	Unidades	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	UFC/100ml
0	0	16	500	1 14	50 -8	100	250	90	15	10000	4500
10	1	12	400	2 13	45 -6	50	200	75	12	5000	4000
20	2	8	300	2,5 12	40 -4	20	150	60	10	3000	3500
30	3	5	200	3 11	36 -2	15	100	45	8	2000	3000
40	3,5	3	150	3,5 10,5	32 0	10	60	30	6	1500	2500
50	4	2,5	100	4 10	30 5	8	50	20	5	1000	2000
60	5	2	80	4,5 9,5	28 10	6	40	15	4	750	1500
70	6	1,5	60	5 9	26 12	4	30	10	3	500	1000
80	6,5	1,25	40	5,5 8,5	24 14	2	20	5	2	250	500
90	7	1	20	6 8	22 15	1	10	2	1	100	100
100	7,5	0,75	0	6,5 7,5	21 16	0	0	0	0,5	0	0
Valor Pi	4	3	2	1	1	2	1	1	3	2	2

Horton, R. (1965)

Anexo N° 10.b. Interpretación de los valores del ICA para la determinar la calidad del agua.

INTERVALO ICA	INTERPRETACION
91-100	Cuerpo de agua con niveles de calidad aceptables
66-90	Corrientes con indicios de contaminación.
51-65	Estado de contaminación que requiere atención inmediata.
<50	Ecosistema fuertemente contaminado.

Horton, R. (1965)

Anexo N° 11. Descripción de las comunidades de macroinvertebrados obtenidos en el período de sequía en la microcuenca del río Ambato 2015-2016.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	
Annelida	Oligochaeta	Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.	
			Tubificidae	Limnodrilus sp.	
Nematomorpha		Gordioidae	Chordodidae	Neochordodes sp.	
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	Dugesia sp.	
Mollusca	Bivalvia	Pulmonata	Limnaeidae	Limnaea sp.	
	Gastropoda	Veneroida	Sphaeriidae	Sphaerium sp.	
Arthropoda	Crustaceae	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	
	Insecta	Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.	
		Coleoptera	Elmidae	Neelmis sp.	
			Hydrophilidae	Enochrus sp.	
		Diptera	Blaphariceridae	Paltostoma sp.	
			Ceratopogonidae	Probezzia sp.	
			Chironomidae	Limnophyes sp.	
				Cricotopus sp.	
				Podonomus sp.	
				Polypedilum sp.	
				Culicidae	Culex sp.
				Dolichopodidae	N.D.
					Hemerodromia sp.
				Muscidae	Limnophora sp.
					Musca sp.
				Psychodidae	Clogmia sp.
					Psychoda sp.
			Simuliidae	Simulium sp.	
			Tabanidae	Tabanus sp.	
			Tipulidae	Molophilus sp.	
		Ephemeroptera	Baetidae	Camelobaetidius sp.	
				Baetodes sp.	
			Leptophlebiidae	Farrodes sp.	
		Lepidoptera	Pyrilidae	N.D.	
		Placoptera	Gripopterygidae	Claudioperla sp.	
			Perlidae	Anacroneturia sp.	
		Trichoptera	Glossosomatidae	Culoptila sp.	
			Helicophidae	N.D.	
			Hydrobiosidae	Atopsyche sp.	
			Hydroptilidae	Ochrotrichia sp.	
			Leptoceridae	Nectopsyche sp.	
			Limnephilidae	Anomalocosmoecus sp.	
			Odontoceridae	Barypenthus sp.	
			Philopotamidae	N.D. 1	
				N.D. 2	
			Polycentropodidae	Cernotina sp.	

Fuente: Xavier Carvajal

Anexo N° 12. Descripción de las comunidades de macroinvertebrados obtenidos en el período de lluvia en la microcuenca del río Ambato 2015-2016.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género
Annelida	Oligochaeta	Clitellata	Lumbriculidae	Eisenia sp.
			Tubificidae	Limnodrilus sp.
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	Dugesia sp.
Mollusca	Bivalvia	Pulmonata	Limnaeidae	Lymnaea sp.
	Gastropoda	Veneroida	Sphaeriidae	Sphaerium sp.
Artropoda	Crustaceae	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.
	Insecta	Hydracarina	Hydrachnidae	Hydrachna sp.
Coleoptera		Diptera	Elmidae	Neelmis sp.
	Blephariceridae		Paltostoma sp.	
Ceratomyzidae	Diptera	Ceratopogonidae	Probezzia sp.	
		Chironomidae	Limnophyes sp.	
Cricotopus sp.	Diptera	Cricotopus sp.	Pentaneura sp.	
			Podonomus sp.	
Polypedilum sp.	Diptera	Empididae	Chelifera sp.	
			Hemerodromia sp.	
Clogmia sp.	Diptera	Psychodidae	Psychoda sp.	
			Simulium sp.	
Tabanus sp.	Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	
			Tabanidae	Tabanus sp.
Molophilus sp.	Diptera	Tipulidae	Molophilus sp.	
			Baetidae	Camelobaetidium sp.
Baetodes sp.	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.	
			Leptophlebiidae	Farrodes sp.
Claudioperla sp.	Plecoptera	Gripopterygidae	Claudioperla sp.	
			Trichoptera	Glossosomatidae
Itaura sp.	Trichoptera	Glossosomatidae		
			N.D.	Trichoptera
Atopsyche sp.	Trichoptera	Hydrobiosidae		
			Ochrotrichia sp.	Trichoptera
Nectopsyche sp.	Trichoptera	Leptoceridae		
			Anomalocosmoecus sp.	Trichoptera
Barypenthus sp.	Trichoptera	Odontoceridae		
			Cernotina sp.	Trichoptera

Fuente: Xavier Carvaial

Anexo N° 13. Fotografías

Fotografía N° 1. Microcuenca alta del río Ambato, período de sequía



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 2. Microcuenca media del río Ambato, período de sequía



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 3. Microcuenca baja del río Ambato, período de sequía



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 4. Microcuenca alta del río Ambato, período de lluvia



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 5. Microcuenca media del río Ambato, período de lluvia



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 6. Microcuenca baja del río Ambato, período de lluvia



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 7. Colecta de macroinvertebrados



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 8. Identificación de macroinvertebrados



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 9. Macroinvertebrados familia Baetidae y Blephariceridae



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 10. Macroinvertebrados familia Chironomidae y Simuliidae



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 11. Macroinvertebrados familia Gripopterygidae y Elmidae



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 12. Macroinvertebrados familia Hyalellidae e Hydrobiosidae



Fuente: Xavier Carvajal

Fotografía N° 13. Macroinvertebrados familia Dugesiidae y Tubificidae



Fuente: Xavier Carvaial