

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y  
Ambientales**

**Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables**

**“USO DE MACROINVERTEBRADOS EN LA EVALUACION  
DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS VERTIENTES  
ADMINISTRADAS POR EMAPA – I Y PROPUESTA DE UN  
PLAN DE MANEJO”**

**Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en Recursos Naturales  
Renovables**

**AUTOR: ANDERSON EFREN ARROYO OBANDO**

**DIRECTOR: DR. NELSON GALLO**

**IBARRA – ECUADOR**

**2010**

## **DECLARACION DEL AUTOR**

**El estudio, análisis, y los resultados de esta investigación son de estricta propiedad y exclusividad, responsabilidad del autor.**

## **DEDICATORIA**

**Dedico esta investigación y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Le agradezco a mi madre Eva Obando y mi padre Ángel Arroyo ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mis estudios, mi educación alimentación entre otros, son a ellos a quien les debo todo, horas de consejos , de regaños, de reprimendas de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso.**

**Anderson Arroyo Obando**

## **AGRADECIMIENTO**

**Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.**

**A la Universidad Técnica de Norte y en especial a la Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, así como a todos los distinguidos catedráticos, quienes depositaron en mi sus valiosos conocimientos y amistad.**

**Un agradecimiento especial al Doctor Nelson Gallo, Director de Tesis, quien con su apoyo incondicional, ha hecho posible el desarrollo de esta investigación, de la misma manera quiero expresar mi agradecimiento, al Ing. Guillermo Beltrán, al Dr. Marcelo Dávalos, Dr. Patricio Céspedes por su gran ayuda y asesoramiento en las diferentes etapas de este trabajo.**

**El Autor desea expresar un sincero agradecimiento a la EMAPA – I por su apoyo incondicional a lo largo del proceso de investigación, en especial al Ing. Diego Villalba.**

**El Autor**

# INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	
1.1 PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACION	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivo específico	3
1.4 PREGUNTA DIRECTRIS	3
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2. REVISION DE LITERATURA</b>	4
2.1 Historia del Agua	5
2.2 El agua	6
2.2.1 Importancia y Distribución	6
2.2.2 El Agua en la Vida Diaria	7
2.3 Contaminación Acuática	7
2.3.1 Contaminantes más frecuentes	9
2.3.1.1 Contaminantes Físicos	9
2.3.1.2 Contaminantes Químicos	9
2.3.1.3 Contaminantes Orgánicos	9
2.3.1.4 Contaminantes Biológicos	10
2.4 Efectos de la Contaminación del agua	10
2.4.1 Fuentes y Control de la Contaminación	10
2.5 Calidad del agua	12
2.5.1 Ecosistema Acuático	13
2.6 Hábitat de Agua Dulce	14
2.6.1 Vertiente	14
2.7 Red de Control de Indicadores Biológicos	15
2.7.1 Indicadores de Calidad de Agua	15
2.7.2 Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores	16
2.7.3 Principales características Ecológicas de los grupos de Macroinvertebrados Acuáticos	17
2.7.4 Ventajas en el Uso	19
2.7.5 Dificultades	20
2.8 Monitoreo Biológico	20
2.8.1 Determinación de la calidad de las Aguas	21
2.8.2 Métodos Físico- Químicos	21
2.8.3 Métodos Biológicos	21
2.9 Índices Biológicos usados para Determinar la calidad Del agua	22

2.9.1	Índice Biológico General Normalizado	23
2.9.2	Biological Monitoring Workin Party	23
2.9.3	Índice de ETP	23

### **CAPITULO III**

3.	Materiales y Métodos	25
3.1	Materiales y Equipos	25
3.1.1	Recursos humanos	25
3.1.2	Materiales	26
3.1.3	Insumos	26
3.2	Descripción del área de Estudio	27
3.2.1	Vertiente Hídrica la Carbonería 1	27
3.2.1.1	Clima	27
3.2.1.2	Zona de vida	28
3.2.1.3	Características Biofísicas	28
3.2.1.4	Características Bióticas	28
3.2.2	Vertiente Hídrica la Carbonería 2	29
3.2.2.1	Clima	29
3.2.2.2	Zona de vida	29
3.2.2.3	Características Biofísicas	30
3.2.2.4	Características Bióticas	30
3.2.3	Vertiente Hídrica la Carbonería 3	31
3.2.3.1	Clima	31
3.2.3.2	Zona de vida	31
3.2.3.3	Características Biofísicas	31
3.2.3.4	Características Bióticas	32
3.2.4	Vertiente Hídrica Santa Martha 1	32
3.2.4.1	Clima	33
3.2.4.2	Zona de vida	33
3.2.4.3	Características Biofísicas	32
3.2.4.4	Características Bióticas	33
3.2.5	Vertiente Hídrica Santa Martha 2	34
3.2.5.1	Clima	34
3.2.5.2	Zona de vida	35
3.2.5.3	Características Biofísicas	35
3.2.5.4	Características Bióticas	35
3.2.6	Vertiente Hídrica Chilca	36
3.2.6.1	Clima	36
3.2.6.2	Zona de vida	36
3.2.6.3	Características Biofísicas	37
3.2.6.4	Características bióticas	37
3.2.7	Vertiente Hídrica Cuchimbuela	38
3.2.7.1	Clima	38
3.2.7.2	Zona de vida	38

3.2.7.3	Características Biofísicas		38
3.2.7.4	Características Bióticas		39
3.2.8	Vertiente Hídrica el Estanco		39
3.2.8.1	Clima	40	
3.2.8.2	Zona de vida		40
3.2.8.3	Características Biofísicas		40
3.2.8.4	Características Bióticas	40	
3.2.9	Vertiente Hídrica Consejo 1		41
3.2.9.1	Clima		41
3.2.9.2	Zona de Vida		42
3.2.9.3	Características Biofísicas		42
3.2.9.4	Características Bióticas		42
3.2.10	Vertiente Hídrica la Tamaya		43
3.2.10.1	Clima	43	
3.2.10.2	Zona de vida		43
3.2.10.3	Características Biofísicas		43
3.2.10.4	Características Bióticas		44
3.2.11	Vertiente Hídrica Rancho Chico		44
3.2.11.1	Clima		44
3.2.11.2	Zona de vida		45
3.2.11.3	Características Biofísicas		45
3.2.11.4	Característica bióticas		45
3.2.12	Vertiente hídrica la Portada		46
3.2.12.1	Clima		46
3.2.12.2	Zona de vida		47
3.2.12.3	Características Biofísicas		47
3.2.12.4	Características Bióticas		47
3.2.13	Vertiente Hídrica Luz de América	48	
3.2.13.1	Clima		48
3.2.13.2	Zona de vida		48
3.2.13.3	Características Biofísicas		48
3.2.13.4	Características Bióticas		49
3.2.14	Vertiente Hídrica el Achotal		49
3.2.14.1	Clima	49	
3.2.14.2	Zona de vida	50	
3.2.14.3	Características Biofísicas		50
3.2.14.4	Características Bióticas		50
3.2.15	Vertiente Hídrica la Palestina		51
3.2.15.1	Clima		51
3.2.15.2	Zona de vida		51
3.2.15.3	Características Biofísicas		52
3.2.15.4	Características Bióticas		52
3.3	Metodología		53
3.3.1	Índice BMWP		53

3.3.2	Índice de ETP	53
3.4	Plan de Muestreo	54
3.4.1	Recolección de Muestras	55
3.4.2	Manejo de Muestras	56
3.4.2.1	Fase de Campo	56
4.4.2.2	Fase de Laboratorio	56
4.2.2.3	Análisis de ETP	57
4.2.2.4	Análisis de BMWP	57
3.5	Inventario de las Vertientes	58
3.6	Propuesta de Plan de Manejo de las vertientes	59
3.7	Propuesta de Plan de Plan de Manejo de las vertientes Administradas por la EMAPA – I	59
3.7.1	Problema	59
3.7.2	Justificación	60
3.7.3	Objetivos	61
3.7.3.1	General	61
3.7.3.2	Específicos	61
3.7.3.3	Zonas y Programas de manejo	62
3.8.	Esquema de la propuesta de plan de Manejo de c/u de las Vertientes	69

#### **CAPITULO IV**

<b>4</b>	Resultados y Discusiones	75
4.1	Calculo del Índice de ETP	75
4.1.1	Calculo Índice ETP Vertiente la Carbonería 1	76
4.1.2	Calculo Índice ETP Vertiente la Carbonería 2	77
4.1.3	Calculo Índice ETP Vertiente la Carbonería 3	78
4.1.4	Calculo índice ETP Vertiente Santa Martha 1	79
4.1.5	Calculo Índice ETP Vertiente Santa Martha 2	80
4.1.6	Calculo Índice ETP Vertiente Chilca	81
4.1.7	Calculo Índice ETP Vertiente Cuchimbuela	82
4.1.8	Calculo Índice ETP Vertiente el Estanco	83
4.1.9	Calculo Índice ETP Vertiente la Tamaya	84
4.1.10	Calculo Índice ETP Vertiente Consejo 1	85
4.1.11	Calculo Índice ETP Vertiente Rancho Chico	86
4.1.12	Calculo Índice ETP Vertiente la Portada	87
4.1.13	Calculo Índice ETP Vertiente Luz de América	88
4.1.14	Calculo Índice ETP Vertiente el Achotal	89
4.1.15	Calculo Índice ETP Vertiente la Palestina	90
4.1.16	Resultados obtenidos del calculo de ETP de c/u de las Vertientes	91
4.2	Calculo de Índice BMWP	91
4.2.1	Calculo Índice BMWP Vertiente la carbonería 1	92
4.2.2	Calculo Índice BMWP Vertiente la Carbonería 2	93

4.2.3	Calculo Índice BMWP Vertiente la Carbonería 3	94
4.2.4	Calculo Índice BMWP Vertiente Santa Martha 1	95
4.2.5	Calculo Índice BMWP Vertiente Santa Martha 2	96
4.2.6	Calculo Índice BMWP Vertiente Chilca	97
4.2.7	Calculo Índice BMWP Vertiente Cuchimbuela	98
4.2.8	Calculo Índice BMWP Vertiente el Estanco	99
4.2.9	Calculo Índice BMWP Vertiente la Tamaya	100
4.2.10	Calculo Índice BMWP Vertiente Consejo 1	101
4.2.11	Calculo Índice BMWP Vertiente Rancho Chico	102
4.2.12	Calculo Índice BMWP Vertiente la Portada	103
4.2.13	Calculo Índice BMWP Vertiente Luz de América	104
4.2.14	Calculo Índice BMWP Vertiente el Achotal	105
4.2.15	Calculo Índice BMWP Vertiente la Palestina	106
4.2.16	Resultados obtenidos del calculo de BMWP de c/u de las Vertientes	107
4.3	Resultados y discusiones de los índices de ETP y BMWP	107
4.3.1	Análisis de ETP Vertiente la Carbonería 1	108
4.3.2	Análisis de BMWP Vertiente la Carbonería 1	108
4.3.3	Análisis de ETP Vertiente la Carbonería 2	109
4.3.4	Análisis de BMWP Vertiente la Carbonería 2	109
4.3.5	Análisis de ETP Vertiente la Carbonería 3	110
4.3.6	Análisis de BMWP Vertiente la Carbonería 3	110
4.3.7	Análisis de ETP Vertiente Santa Martha 1	111
4.3.8	Análisis de BMWP Vertiente Santa Martha 1	111
4.3.9	Análisis de ETP Vertiente Santa Martha 2	112
4.3.10	Análisis de BMWP Vertiente Santa Martha 2	112
4.3.11	Análisis de ETP Vertiente Chilca	113
4.3.12	Análisis de BMWP Vertiente Chilca	113
4.3.13	Análisis de ETP Vertiente Cuchimbuela	114
4.3.14	Análisis de BMWP Vertiente Cuchimbuela	114
4.3.15	Análisis de ETP Vertiente el Estanco	115
4.3.16	Análisis de BMWP Vertiente el Estanco	115
4.3.17	Análisis de ETP Vertiente la Tamaya	116
4.3.18	Análisis de BMWP Vertiente la Tamaya	116
4.3.19	Análisis de ETP Vertiente la Consejo 1	117
4.3.20	Análisis de BMWP Vertiente la Consejo 1	117
4.3.21	Análisis de ETP Vertiente Rancho Chico	118
4.3.22	Análisis de BMWP Vertiente Rancho Chico	118
4.3.23	Análisis de ETP Vertiente la Portada	119
4.3.24	Análisis de BMWP Vertiente la Portada	119
4.3.25	Análisis de ETP Vertiente luz de América	120
4.3.26	Análisis de BMWP Vertiente luz de América	120
4.3.27	Análisis de ETP Vertiente El Achotal	121
4.3.28	Análisis de BMWP Vertiente El Achotal	121

4.3.29	Análisis de ETP Vertiente la Palestina	122
4.3.30	Análisis de BMWP Vertiente la Palestina	122
<b>CAPITULO V</b>		
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	123
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	126
<b>CAPITULO VII</b>		
<b>7.</b>	<b>RESUMEN</b>	128
<b>8.</b>	<b>SUMMARY</b>	130
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	132
<b>10.</b>	<b>ANEXOS</b>	
<b>INDICE DE CUADROS</b>		
<b>Cuadro 3.1</b>	<b>Criterios de calidad Biológica BMWP</b>	53
<b>Cuadro 3.2</b>	<b>Criterios de calidad Biológica ETP</b>	54
<b>Cuadro 3.3</b>	<b>Meses y Fechas de Muestreo</b>	54
<b>Cuadro 3.4</b>	<b>Inventario de las vertientes en estudio</b>	58
<b>INDICE DE TABLAS</b>		
<b>Tabla 2.1</b>	<b>Valores del índice BMWP</b>	23
<b>Tabla 2. 2</b>	<b>Valores del índice ETP</b>	24
<b>Tabla 3.8</b>	<b>Esquema de la propuesta de Plan de Manejo de las Vertientes</b>	69
<b>Tabla 4.1.1</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Carbonería 1</b>	76
<b>Tabla 4.1.2</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Carbonería 2</b>	77
<b>Tabla 4.1.3</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Carbonería 3</b>	78
<b>Tabla 4.1.4</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Santa Martha 1</b>	79
<b>Tabla 4.1.5</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Santa Martha 2</b>	80
<b>Tabla 4.1.6</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Chilca</b>	81
<b>Tabla 4.1.7</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente Cuchimbuela</b>	82
<b>Tabla 4.1.8</b>	<b>Cálculo de ETP vertiente el Estanco</b>	83
<b>Tabla 4.1.9</b>	<b>Calculo de ETP vertiente la Tamaya</b>	84
<b>Tabla 4.1.10</b>	<b>Calculo de ETP vertiente Consejo 1</b>	85

<b>Tabla 4.1.11</b> Cálculo de ETP vertiente Rancho Chico	86
<b>Tabla 4.1.12</b> Cálculo de ETP vertiente la Portada	87
<b>Tabla 4.1.13</b> Cálculo de ETP vertiente luz de América	88
<b>Tabla 4.1.14</b> Cálculo de ETP vertiente el Achotal	89
<b>Tabla 4.1.15</b> Cálculo de ETP vertiente la Palestina	90
<b>Tabla 4.1.16</b> Resultados obtenidos del cálculo de ETP de c/u de las vertientes	91
<b>Tabla 4.2.1</b> Cálculo de BMWP vertiente la Carbonería 1	92
<b>Tabla 4.2.2</b> Cálculo de BMWP vertiente la Carbonería 2	93
<b>Tabla 4.2.3</b> Cálculo de BMWP vertiente la Carbonería 3	94
<b>Tabla 4.2.4</b> Cálculo de BMWP vertiente Santa Martha 1	95
<b>Tabla 4.2.5</b> Cálculo de BMWP vertiente Santa Martha 2	96
<b>Tabla 4.2.6</b> Cálculo de BMWP vertiente Chilca	97
<b>Tabla 4.2.7</b> Cálculo de BMWP vertiente Cuchimbuela	98
<b>Tabla 4.2.8</b> Cálculo de BMWP vertiente el Estanco	99
<b>Tabla 4.2.9</b> Cálculo de BMWP la Tamaya	100
<b>Tabla 4.2.10</b> Cálculo de BMWP vertiente Consejo 1	101
<b>Tabla 4.2.11</b> Cálculo de BMWP vertiente Rancho Chico	102
<b>Tabla 4.2.12</b> Cálculo de BMWP vertiente la Portada	103
<b>Tabla 4.2.13</b> Cálculo de BMWP vertiente Luz de América	104
<b>Tabla 4.2.14</b> Cálculo de BMWP vertiente el Achotal	105
<b>Tabla 4.2.15</b> Cálculo de ETP vertiente la Palestina	106
<b>Tabla 4.2.16</b> Resultados Obtenidos del cálculo de BMWP de c/u de las vertientes	107
<b>INDICE DE GRÁFICOS</b>	
<b>Gráfico 4.3.1</b> Análisis de ETP vertiente la Carbonería 1	108
<b>Gráfico 4.3.2</b> Análisis de BMWP vertiente la Carbonería 1	108
<b>Gráfico 4.3.3</b> Análisis de ETP vertiente la Carbonería 2	109
<b>Gráfico 4.3.4</b> Análisis de BMWP vertiente la Carboneria2	109

<b>Gráfico 4.3.5</b> Análisis de ETP vertiente la Carbonería 3	110
<b>Gráfico 4.3.6</b> Análisis de BMWP vertiente la Carbonería 3	110
<b>Gráfico 4.3.7</b> Análisis de ETP vertiente Santa Martha 1	111
<b>Gráfico 4.3.8</b> Análisis de BMWP vertiente Santa Martha 1	111
<b>Gráfico 4.3.9</b> Análisis de ETP vertiente Santa Martha 2	112
<b>Gráfico 4.3.10</b> Análisis de BMWP vertiente Santa Martha 2	112
<b>Gráfico 4.3.11</b> Análisis de ETP vertiente Chilca	113
<b>Gráfico 4.3.12</b> Análisis de BMWP vertiente Chilca	113
<b>Gráfico 4.3.13</b> Análisis de ETP vertiente Cuchimbuela	114
<b>Gráfico 4.3.14</b> Análisis de ETP vertiente Cuchimbuela	114
<b>Gráfico 4.3.15</b> Análisis de ETP vertiente el Estanco	115
<b>Gráfico 4.3.16</b> Análisis de BMWP vertiente el Estanco	115
<b>Gráfico 4.3.17</b> Análisis de ETP vertiente la Tamaya	116
<b>Gráfico 4.3.18</b> Análisis de BMWP vertiente la Tamaya	116
<b>Gráfico 4.3.19</b> Análisis de ETP vertiente Consejo 1	117
<b>Gráfico 4.3.20</b> Análisis de BMWP vertiente Consejo 1	117
<b>Gráfico 4.3.21</b> Análisis de ETP vertiente rancho Chico	118
<b>Gráfico 4.3.22</b> Análisis de BMWP vertiente rancho Chico	118
<b>Gráfico 4.3.23</b> Análisis de ETP vertiente la Portada	119
<b>Gráfico 4.3.24</b> Análisis de BMWP vertiente la Portada	119
<b>Gráfico 4.3.25</b> Análisis de ETP vertiente luz de América	120
<b>Gráfico 4.3.26</b> Análisis de BMWP vertiente luz de América	120
<b>Gráfico 4.3.27</b> Análisis de ETP vertiente el Achotal	121
<b>Gráfico 4.3.28</b> Análisis de BMWP vertiente el Achotal	121
<b>Gráfico 4.3.29</b> Análisis de ETP vertiente la Palestina	122
<b>Gráfico 4.3.30</b> Análisis de BMWP vertiente la Palestina	122

## **LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

**Fotografía:** 1-2 Colocación de la red de Surber para toma de muestras

**Fotografía:** 3-4-5-6 Toma de muestras

**Fotografía:** 7-8-9-10 Selección de muestras para luego ser analizadas en el laboratorio

**Fotografía:** 11-12-13 Muestras en alcohol y análisis en el laboratorio

**Fotografía:** 14 en adelante Especies de Familias encontradas en las diferentes vertientes

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Hoja de registro de muestras y guía para identificación de muestras de macroinvertebrados acuáticos

**ANEXO 2.** Mapas; Mapa de Ubicación, Mapa Base, Mapa de Pendientes, Mapa de Suelos, Mapa de Cobertura Vegetal, Mapa de Uso Actual,

**ANEXO 3.** Fotografías