

**CALIDAD BIOLÓGICA Y FISICOQUIMICA DEL RIO GRANDE EN EL AREA
DE INFLUENCIA DEL MUNICIPIO DE PURACÉ COCONUCO.
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

MARIA ELENA CAMPUZANO DORADO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2004**

**CALIDAD BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL RÍO GRANDE EN EL AREA
DE INFLUENCIA DEL MUNICIPIO DE PURACÉ COCONUCO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

MARIA ELENA CAMPUZANO DORADO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Bióloga**

Director

Mg. HILLDIER ZAMORA GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2004**

Nota de aceptación

Director

Mg. HILLDIER ZAMORA GONZÁLEZ

Jurado

PhD. APOLINAR FIGUEROA CASAS

Jurado

Mg. ANTONIO JOSE VALVERDE P.

Fecha de sustentación: Popayán, Agosto 25 de 2004

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su Amor, respeto y apoyo, han sido mi mayor motivación

A mis hermanos, Martha, Jaime y Claudia por apoyarme y creer en mí

A mis sobrinos por brindarme todo su cariño.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por ser la energía inagotable que vive en mi

A Hildier Zamora, Director del trabajo, docente de Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales por su valiosa ayuda, sin la cual no hubiera podido llegar a buen fin este trabajo.

A Guillermo Vásquez, Codirector del trabajo, docente de la Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Grupo de Recursos Hidrobiológicos Continentales, por sus valiosos aportes.

A Marcela Serna, Bióloga, Asesora, por la dedicación e interés en el desarrollo del trabajo.

A Silvio Carvajal, docente de la Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, por su aporte en la parte estadística.

A Antonio Valverde, docente de la Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, por sus buenos consejos, interés y colaboración.

A José Manuel Tobar, docente de la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

A mis amigos Carlos Felipe Galvis, Juan Carlos Arteaga y Nhora Muñoz, por su compañía y ayuda en cada una de las salidas de campo.

A Marisol Martínez y Nhora Muñoz por ser mis amigas y por contar con ellas durante todos estos años de vida universitaria.

RESUMEN

Entre los meses de Enero y Junio de 2003, se realizaron muestreos periódicos (2 veces por mes) de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, así como de las características fisicoquímicas hídricas en el río Grande municipio de Coconuco.

La longitud aproximada del recorrido del río a lo largo de las estaciones de muestreo es de 9 kilómetros, en su recorrido se detectaron problemas como vertimientos de aguas termales, aguas residuales domésticas e industriales y actividades de tipo recreativas.

Para cumplir con el objetivo propuesto se determinaron cuatro estaciones de muestreo a saber: Estación No 1; Puente Km. 31.5 vía Paletará (2.649 m de altura), Estación No 2; Unión del río con las termales de aguas tibias (2.632m de altura), Estación No 3; casco urbano Coconuco (2.413 m. de altura) y Estación No 4; 10 metros a lo largo de los viveros del cultivo de flores PISOCHAGO S.A (2.264 m. de altura),

Se capturaron 5.670 individuos; pertenecientes a tres (3) Phylum, 12 Ordenes, 27 Familias y 34 Géneros.

La estación No 1 presentó un total de 3216 individuos; con una dominancia de los géneros *Lachlania*, *Cylloepus*, *Mortoniella* y *Leptonema*. En época de verano, se colectaron 1280 individuos, con una dominancia del género *Lachlania* y en época de lluvia un total de 1936 individuos, con una dominancia de los géneros *Leptonema*, *Cylloepus* y *Atopsyche*.

La estación No 2, presentó un total de 1176 individuos, con una dominancia de los géneros de los géneros *Mortoniella*, *Atanatólica*, y *Lachlania*. En época de verano, se colectaron 351 individuos, con una dominancia de los géneros *Mortoniella*; en época de lluvia, presentó un total de 825 individuos con una dominancia de los géneros *Atanatólica* y *Cylloepus*.

La estación No 3, con 874 individuos, y dominancia de los géneros de los géneros *Mortoniella*, *Tricorythodes* y *Baetodes*. En época de verano, se colectaron 433 individuos, con una dominancia de los géneros *Mortoniella* y *Physa*. En época de lluvia, se colectaron 441 individuos, con una dominancia de los géneros *Mortoniella* y *Baetodes*.

La estación No 4, presentó un total de 404 individuos, con una dominancia de los géneros de los géneros *Centrocorisa* e *Hirudinea*. En época de verano, esta estación presento un total de 211 individuos, con una dominancia del género *Centrocorisa*. En época de lluvia, se colectaron 193 individuos, con una dominancia de género *Centrocorisa*.

El análisis biológico concluye que las poblaciones de macroinvertebrados se ven afectadas tanto en numero como en diversidad a lo largo de recorrido por las diferentes estaciones de muestreo, siendo este cada vez menor .

Durante las épocas de lluvia, el número de macroinvertebrados acuáticos se incrementó en todas las estaciones, permaneciendo la presencia de las mismos géneros.

Los parámetros fisicoquímicos considerados en el presente estudio no constituyen un factor limitante para el normal desarrollo de la biota acuática.

El análisis estadístico y las matrices a considerar en el estudio, ayudaron a la interpretación de los datos y a inferir acerca de las conclusiones.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 Objetivos Específicos	3
2. JUSTIFICACION	4
3. ANTECEDENTES	5
4. MARCO TEÓRICO	9
4.1 GENERALIDADES DEL CONTEXTO	9
4.1.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DE MUNICIPIO	9
4.1.2 CLIMATOLOGÍA	11
4.1.2.1 Distribución espacial de la precipitación	11
4.1.2.2 Distribución temporal de la precipitación	12
4.1.2.3 Humedad relativa	13
4.1.2.4 Evaporación	14
4.1.2.5 Brillo solar	14
4.1.3 GEOLOGÍA	14
4.1.4 RECURSOS HÍDRICOS	15
4.1.4.1 Usos de agua	15
4.1.4.2 Consumo Humano	15
4.1.5 Explotación Agropecuaria	16
4.1.5.1 Producción agrícola	16
4.1.5.2 Sistema de producción agrícola comercial	17
4.1.5.3 Producción Pecuaria	17
4.1.6 Uso industrial	17
4.1.7. Planta hidroeléctrica –empresa municipal de energía eléctrica S.A-E.S.P	17 18

4.1.8	Recreación y turismo	18
4.1.9	RESGUARDO DE COCONUCO	19
4.2.	EVALUACION BIOLÓGICA	20
4.2.1	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	21
4.2.1.1	Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos	23
4.2.2	Bioindicación	25
4.2.2.1	Características ideales de un buen bioindicador	25
4.2.3	MÉTODOS BIOLÓGICOS -MÉTODOS FISICOQUÍMICOS	26
5.	METODOLOGÍA	27
5.1	TIPO DE ESTUDIO	27
5.2	DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO	27
5.2.1	SUBCUENCA DEL RÍO GRANDE	27
5.3	PROCEDIMIENTO PARA LA CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	32
5.3.1	Captura	32
5.3.2	Conservación	32
5.3.3	Identificación	33
5.4	INDICES DE EVALUACIÓN	33
5.4.1	Índice de calidad BMWP	33
5.4.1.2	INDICE DE DIVERSIDAD (Shannon Weaver, 1949.)	37
5.5	Análisis	38
5.6	PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN LA TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ANALISIS FISICOQUÍMICOS	
5.6.1	Características físicas.	38
5.6.2	Características Químicas	39
6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
7.	MATRICES DE EVALUACIÓN	40

7.1	Elaboración de la matriz del ecosistema, Influencias Dependencias.	40
8.	RESULTADOS	43
8.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
8.1.1	Estación No 1	44
8.1.1.1	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DOMINANTES EN LA ESTACIÓN DE MUESTREO No 1	46
8.1.2	ESTACIÓN NÚMERO 2	48
8.1.2.1	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DOMINANTES EN LA ESTACIÓN DE MUESTREO No 2	50
8.3.1	ESTACION NUMERO 3	51
8.1.3.1	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DOMINANTES EN LA ESTACIÓN DE MUESTREO No	53
8.1.4	ESTACIÓN NÚMERO 4	53
8.1.4.1	MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DOMINANTES EN LA ESTACIÓN DE MEUSTREO No 4	57
8.2	INDICE DE DIVERSIDAD SHANNON WEAVER	58
8.2.1	Estación No 1,	57
8.2.2	Estación No 2,	58
8.2.3	Estación No 3, Casco urbano de Coconuco	59
8.2.4	Estación No 4, Cultivo de flores PISOCHAGO S.A	60
8.3	ÍNDICE DE CALIDAD BMW P	63
8.3.1	Estación No 1,	63
8.3.2	Estación No 2,	64
8.3.3	Estación No 3,	65
8.3.4	Estación No 4,	66
8.4	CARACTERIZACION FISICOQUIMICA	68
8.4.1	Temperatura	71

8.4.2	Oxígeno disuelto	73
8.4.3	Gas carbónico disuelto	73
8.4.4	pH, acidez total, alcalinidad total	74
8.4.5	Conductividad	75
8.4.6	Amonio	75
8.4.7	Nitratos	76
8.4.8	Nitritos	76
8.4.9	Dureza total	76
9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	80
10.	ANÁLISIS DE MATRICES	82
10.1	MATRIZ DE INFLUENCIAS DEPENDENCIAS	83
11.	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	90
	ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Actividades económicas desarrolladas en el municipio de Puracé Coconuco	20
Tabla 2. Geoposición de las cuatro estaciones de muestreo	32
Tabla 3. Niveles de bioindicación de las familias de macroinvertebrados acuáticos y su respectiva puntuación de acuerdo con la adaptación realizada para Colombia del sistema para la determinación del Índice de monitoreo biológico (Biological Monitoring Working Party BMWP)	34
Tabla 4. Clase, valores y características para las aguas clasificadas mediante el índice de BMWP adaptado para Colombia.	36
Tabla 5. Macroinvertebrados acuáticos colectados en la estación No 1, periodo de estudio Enero a Junio de 2003.	45
Tabla 6. Macroinvertebrados acuáticos colectados en la estación No 2, periodo de estudio Enero a Junio de 2003.	49
Tabla 7. Macroinvertebrados acuáticos colectados en la estación No 3, periodo de estudio Enero a Junio de 2003.	52
Tabla 8. Macroinvertebrados acuáticos colectados en la estación	

No 4, periodo de estudio Enero a Junio de 2003.	56
Tabla 9. Aplicación del índice de diversidad (H') en cada estación de muestreo	58
Tabla 10. Aplicación del índice de calidad BMWP en cada estación de muestreo.	63
Tabla 11. Registro parámetros fisicoquímicos para la estación No 1, periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	69
Tabla 12. Registro parámetros fisicoquímicos para la estación No 2, periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	69
Tabla 13. Registro parámetros fisicoquímicos para la estación No 3, periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	70
Tabla 14. Registro parámetros fisicoquímicos para la estación No 4, periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	70
Tabla 15. Equipos y métodos para la medición de los parámetros fisicoquímicos.	71
Tabla 16 Parámetros y métodos de laboratorio.	71

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estación No 1, Puente Km. 31.5 vía Paletará.	44
Figura 2. Ordenes de Macroinvertebrados encontrados estación No 1	46
Figura 3. Género <i>Anacroneuria</i> , vista dorsal.	46
Figura 4. Género <i>Anacroneuria</i> , vista ventral.	46
Figura 5. Género <i>Lachlania</i>	47
Figura 6. Género <i>Lachlania</i>	47
Figura 7. Género <i>Leptonema</i>	47
Figura 8. Género <i>Leptonema</i>	47
Figura 9. Género <i>Mortoniella</i>	47
Figura 10. Género <i>Mortoniella</i>	47
Figura 11. Género <i>Cylloepus</i>	48

Figura 12. Género <i>Cylloepus</i>	48
Figura 13. Estación No 2, Unión río grande con las aguas termales Agua tibia	48
Figura 14. Ordenes de Macroinvertebrados encontrados estación No 2	50
Figura 15. Género <i>Atanatólica</i>	50
Figura 16. Genero <i>Atanatólica</i>	50
Figura 17. Estación No 3, Casco urbano de Coconuco	51
Figura 18. Ordenes de Macroinvertebrados encontrados estación No 3	52
Figura 19. Género <i>Baetodes</i>	53
Figura 20. Género <i>Baetodes</i>	53
Figura 21. Estación No 4, Desvío río grande embalsado	53
Figura 22. Estación No 4, Cauce seco río grande	54
Figura 23. Estación No 4, Presa río Grande	54
Figura 24. Estación No 4, Lugar de la toma de muestras	55

Figura 25. Estación No 4, Caída de agua río grande- central Coconuco.	55
Figura 26. Ordenes de Macroinvertebrados encontrados estación No 4	57
Figura 27. Género <i>Centrocorisa</i>	57
Figura 28. Género <i>Centrocorisa</i>	57
Figura 29. Orden <i>Hirudinea</i> , vista ventral	58
Figura 30. Orden <i>Hirudinea</i> , vista dorsal	58
Figura 31. Orden <i>Haplotaxida</i>	58
Figura 32. Orden <i>Haplotaxida</i>	58
Figura 33. Valores del Indice de diversidad Shannon Weaver Estación No 1. periodo de estudio Enero, septiembre de 2003.	59
Figura 34. Valores del Indice de diversidad Shannon Weaver Estación No 2. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	60
Figura 35. Valores del Indice de diversidad Shannon Weaver Estación No 3. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	61
Figura 36. Valores del Indice de diversidad Shannon Weaver	

Estación No 4. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	62
Figura 37. Variación del Índice de diversidad Shannon Weaver por estación de muestreo.	62
Figura 38. Variación del Índice de Calidad BMWP Estación No 1. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	64
Figura 39. Variación del Índice de Calidad BMWP Estación No 2. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	65
Figura 40. Valores del Índice de Calidad BMWP Estación No 3. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	66
Figura 41. Valores del Índice de Calidad BMWP Estación No 4. periodo de estudio Enero, Septiembre de 2003.	67
Figura 42. Valores del Índice de Calidad BMWP por estación de muestreo.	68
Figura 43 Temperatura Hídrica – Estaciones de muestreo	77
Figura 44 CO ₂ Estaciones Meses de muestreo	78
Figura 45 pH Estaciones de muestreo	78
Figura 46 Oxígeno Disuelto – Estaciones meses de muestreo	79

Figura 47 Oxígeno disuelto río Grande, Epoca estación	79
Figura 48 No de MAE ESTACIONES DE MUESTREO	80
Figura 49 No de MAE EPOCAS DE MUESTREO	80
Figura 50 NÚMERO DE MAE POR ESTACIÓN Y ÉPOCA DE MUESTREO	81
Figura 51 MATRIZ INFLUENCIAS DEPENDENCIAS	85
Figura 52 CUADRANTE DE INTERPRETACIÓN, MATRIZ INFLUENCIAS DEPENDENCIAS	86

LISTA DE MAPAS

	pág.
Mapa 1- Ubicación del departamento del Cauca, en Colombia.	9
Mapa 2. Ubicación del municipio de Puracé Coconuco en el departamento del Cauca	10
Mapa 3. Ubicación de la zona de estudio	30
Mapa 4. Ubicación de las cuatro estaciones de muestreo	31

INTRODUCCIÓN

Las actividades antrópicas desarrolladas en las riberas de ríos y quebradas ocasionan innumerables problemas sobre los cuerpos de agua. Esta problemática, debida a desmedidas y mal dirigidas actividades, tales como la utilización de agroquímicos en procesos de productivos, explotación de material de arrastre, descarga de aguas residuales domesticas e industriales, construcción de presas y embalses para diversos fines, entre otros, que además de alterar las condiciones naturales de los cuerpos de agua, afectan su estructura, dinámica y equilibrio.

El uso de organismos en la evaluación de la calidad del agua ha sido ampliamente utilizado (Pratt,1993) ,sin embargo, de todos los grupos que han sido considerados en los monitoreos biológicos de las aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han sido los mas recomendados (Rosemberg & Resh.,1993), lo cual se debe a que ofrecen numerosas ventajas como:

- Encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos
- Su naturaleza sedentaria, permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones.
- Presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras , los que pueden ser realizados con equipos simples y baratos.
- La taxonomía de muchos grupos esta bien estudiada.

- Existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, los cuales han sido utilizados ampliamente en biomonitoreos a nivel comunitario (Rosemberg et al, 1986).

“Los métodos biológicos para determinar la calidad de las aguas, básicamente trabajan sobre la premisa que la tolerancia o nivel de respuestas de los organismos que componen el bentos, difiere según el tipo de contaminante a que han sido expuestos. En algunos índices, la tolerancia de los organismos incluye a la comunidad de macroinvertebrados en términos de presencia y ausencia del taxa, el número o proporción del total de cada taxón o alguna otra medida de abundancia que permita asignar el puntaje individual.”¹

Con base en lo anterior y ejecutado el proceso propuesto, se realizó un estudio para determinar la Calidad Biológica y fisicoquímica de Río Grande, en el área de influencia del Municipio de Coconuco, departamento del Cauca, a través del cual se verificó que la diversidad de los macroinvertebrados como los parámetros fisicoquímicos varían en forma significativa entre estaciones.

¹ ARMITAGE,P.P, et al. The preformance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running -waters sites. Water Res. 17: 33- 347. 1983.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad biológica y fisicoquímica del río Grande en el área de influencia del municipio de Coconuco departamento del Cauca.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Utilizar la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad biológica del río Grande.
- Determinar las características fisicoquímicas hídricas.
- Hallar la diversidad de especies en las zonas de muestreo con base en el índice de Shannon Weaver, como indicador de calidad ambiental.
- Relacionar la calidad biológica del río Grande con las diferentes actividades antrópicas desarrolladas en la zona de estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con una variedad de recursos hídricos que han venido sufriendo una degradación paulatina; el municipio de Puracé Coconuco, no es ajeno a dicha riqueza, y cuenta con importantes cuerpos de agua que recorren el municipio y generan desarrollo de diversas actividades económicas que permiten determinar diferentes sistemas de producción tanto de carácter agrícola, pecuario, forestal, de agroindustria entre otros.

El río grande, ha sido objeto de varias intervenciones generadas especialmente por la acción (antrópica) humana; no obstante la importancia que tienen mencionados recursos, la investigación encaminada a su conservación y manejo es bastante escasa, por tal razón surge la necesidad de realizar el presente estudio y ampliar de esta manera el aporte al conocimiento, y a su vez brindar a la comunidad información sobre el buen manejo del recurso hídrico en aras a fortalecer las relaciones entre los seres vivos y el medio ambiente.

3. ANTECEDENTES

En el departamento del Cauca se han desarrollado estudios en otros ríos también afectados por la actividad antrópica entre los cuales cabe mencionar:

- NAUNDORF , G; VASQUEZ , G y ZAMORA , H. Niveles de alteración del río Ejido con base en sus características fisicoquímicas y biológicas. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Departamento de Biología. Popayán, 1982
- AVILA, Niveles de contaminación del río Blanco, en el municipio de Popayán, con base en sus características fisicoquímicas y biológicas.(1984).
- CHICANGANA, “Contaminación del río Timbio con base a las características fisicoquímicas y biológicas y su efecto ambiental (zona urbana del municipio)” (1988); donde se concluyó que la contaminación del río es del tipo doméstico, presentando por tal motivo posibilidades de auto recuperación. (1988).

- ZAMORA, H., Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales en el departamento del Cauca. I fase Colciencias - Universidad del Cauca. Departamento de Biología. Popayán, (1992).
- ANDRADE, Organismos bentónicos como elemento de análisis en el estudio de efecto ambiental generado por la depuración del río Dagua, municipio de Dagua, departamento del Valle del Cauca”, el cual concluyó una alta diversidad de especies, gracias a las condiciones geográficas, de vegetación, por las características físicas y químicas del agua adecuadas para el desarrollo de estos organismos, donde las principales variables que las podrían afectar, como oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad y turbiedad, no son limitantes. (Andrade, 1993) .
- ZAMORA, H., Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales en el departamento del Cauca. II fase Colciencias - Universidad del Cauca. Departamento de Biología. Popayán, (1993)
- ZAMORA, H. “Aspectos bioecológicos de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas en el departamento del Cauca”; donde se concluyó que la distribución ecológica de los macroinvertebrados dulceacuícolas obedece más a la acción conjunta de factores climáticos y biológicos de moderada intensidad que a uno de ellos en particular. (1993).
- LOAIZA, J. Estudio de la estructura y distribución del orden Ephemeroptera en las cuencas de los ríos Ovejas y Piendamó y su relación con la calidad del agua. Cali, 1994.
- ZAMORA, “Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la

contaminación doméstica” ; donde se concluyó que el río Molino, desde su nacimiento hasta la bocatoma, conserva en gran parte (70%) las características de un cuerpo de agua natural, razón por la cual es posible mejorar sus condiciones mediante un adecuado plan de reforestación y manejo de su cuenca. (1995)

- CASTRO,SANDOVAL; “Estudio hidrobiológico del río Ovejas: caracterización fisicoquímica, hídrica, fauna béntica e íctica; interrelaciones”, el cual según el diagnóstico hidrobiológico realizado en el río Ovejas en sus cuenca altas (municipio de Silvia) y baja (municipio de Suárez), se encuentra dentro de los rangos normales para el desarrollo de las especies acuáticas; en su cuenca media, específicamente en el sector “Pescador”, el río presenta alteración en sus parámetros hidrobiológicos debido al vertimiento de desechos orgánicos en sus aguas, producto de las porquerizas y rallanderías de yuca ubicadas en la zona. “Contribución al conocimiento limnológico del río Pisojé, municipio de Popayán (Cauca)”, el cual concluyó que los valores hallados para las variables físicas y químicas indican una buena calidad del agua, propicia para el desarrollo de la biota acuática y los organismos de mayor abundancia a nivel de fauna de macroinvertebrados bentónicos fueron *Simulium*,

- FERNÁNDEZ, E; CASTRO, J. Niveles de alteración del río Blanco (altiplano de Popayán) con base en sus características fisicoquímicas y comunidades bénticas. Popayán, 1996.

- CAMPO Y VIDAL, Caracterización fisicoquímica y de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Timbio en el departamento del Cauca. Concluyeron que la unión del río con la quebrada Leyton (zona 1) es una zona con poca perturbación, por el contrario el puente Panamericana (zona 2) y EL Cajón (zona 3) presentan un claro proceso de alteración por aguas residuales

domesticas, vertimientos del matadero de Timbio, vertimientos sanitarios y residuos sólidos.(1998)

- CASTILLO, M y ZAMORA, H. Evaluación del efecto generado por la extracción de arena sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad fisicoquímica del agua, en el río los Robles, departamento del Cauca. Popayán, 1999

- ORTEGA Y PEREZ, Caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada la puerquera, en época de cosecha y postcosecha de café en el municipio de Morales departamento del Cauca. (2000).

- BENITEZ, J y MONDRAGÓN, G. Determinación del grado de contaminación del río Pambio Municipio de Tímbio, con base en la identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y las condiciones fisicoquímicas. Popayán, 2000.

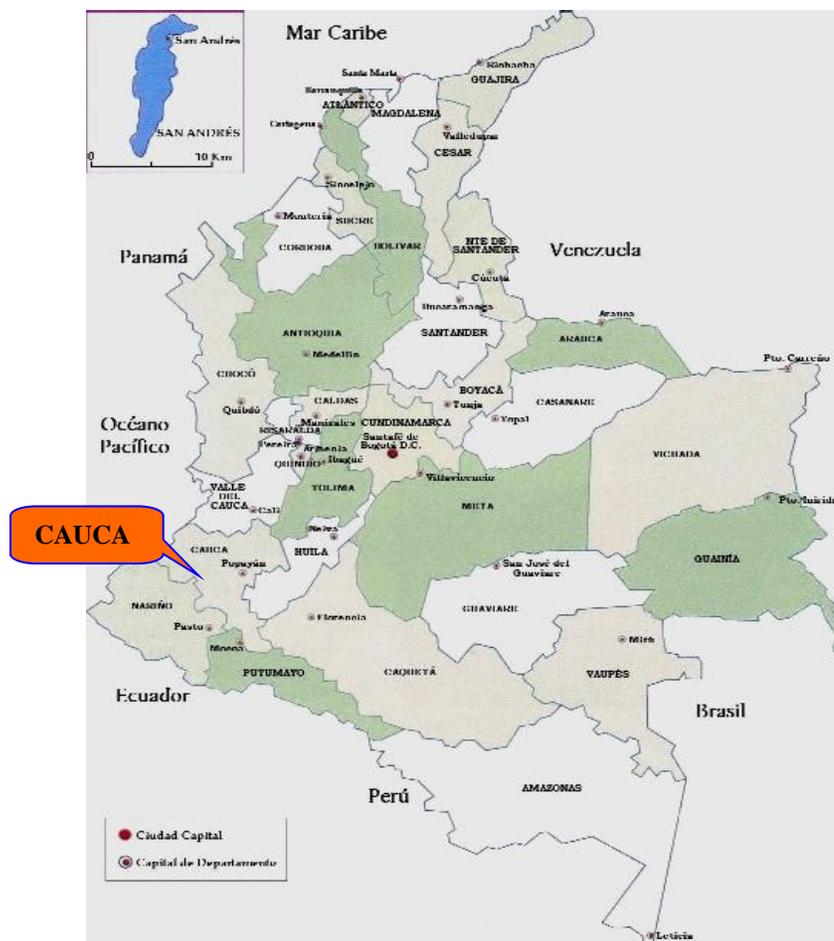
- ALZATE , Estudio biofísico integrado de la microcuenca quebrada la Lajita. (2002).

4. MARCO TEORICO

4.1 GENERALIDADES DEL CONTEXTO

4.1.1 Ubicación y extensión del municipio. Al suroccidente del País, en la zona centro del departamento del Cauca, se encuentra ubicado el municipio de Puracé, Coconuco. Ver mapas 1 y 2.

Mapa 1

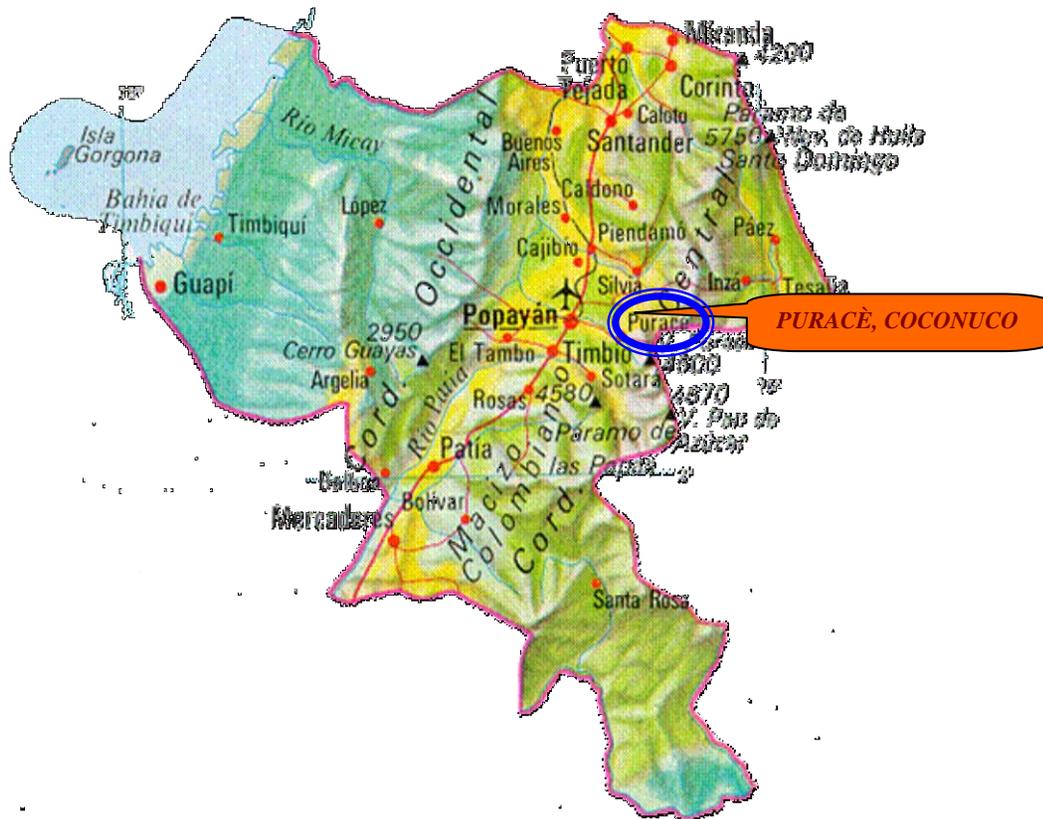


Ubicación del departamento del Cauca, en Colombia.

Fuente: Instituto Colombiano Agustín Codazzi, Popayán 2004

Su cabecera municipal dista 26 Km. de la ciudad de Popayán y está localizada a los 2° 20'28" de latitud norte y 76° 30'39" de longitud al oeste del Meridiano de Greenwich; posee una extensión de 707 Km., de los cuales 167 Km², corresponden a clima frío y 540 Km², a clima de páramo.

Mapa 2



Ubicación del municipio de Puracé, Coconuco, en el departamento del Cauca.

Fuente: Instituto Colombiano Agustín Codazzi, Popayán 2004

La altura promedio del municipio sobre el nivel del mar es de 2.360 m., la temperatura media es de 16°C, con precipitaciones anuales entre 1600 y 2.500 (mm); regularmente las épocas de verano se presentan en los meses de junio, julio, agosto y parte de diciembre y enero; el resto del año es invierno intermitente.

La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central de los Andes, en los que se encuentra entre otros, con los accidentes orográficos de la sierra nevada de los Coconucos (4.235m.), ubicada en los límites con el departamento del Huila, los volcanes de Pan de Azúcar (4.800 m.), Puracé (4.445 m.) y Sotará, el pico de Paletará, el páramo Blanco y los cerros Agua Blanca, Chagertón (4.000 m.) , Canelo, Cargachiquillo, Curare, Los Coconucos, Peñas Blancas y Punzá, en los que por su conformación topográfica se hallan los pisos térmicos frío y páramo, regados por las aguas de los ríos Anambio, Blanco, Bedón, Candelaria, Cauca, Grande, Negro, San Andrés, Vinagre y Hierbabuena; como también de numerosas corrientes menores.²

4.1.2 Climatología. El clima considerado como un fenómeno meteorológico a largo plazo de una región, depende de varios factores atmosféricos reinantes en la zona, tales como: precipitación y temperatura, los cuales permiten clasificar y zonificar el clima de una región determinada.

En la región neotropical la altitud determina lo caliente o fría que es una zona y los factores físicos como la pendiente, distribución de la tierra, montañas, valles, bosques y los glaciares, tienen una notable incidencia sobre el clima local o regional. La humedad relativa, la evaporación y el brillo solar contribuyen a caracterizar las unidades climáticas definida. ³

4.1.2.1 Distribución espacial de la precipitación. La circulación de las masas de aire determinan en buena medida, la distribución del clima sobre la tierra, es así como el municipio de Coconuco, se ve afectado por el fenómeno de la circulación general de la atmósfera.

Generalmente el clima es bimodal con dos periodos de valores máximos y mínimos relativos, siendo influenciado este tipo de distribución por los desplazamientos de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). La ZCIT pasa por Colombia dos veces al año, entre abril y mayo cuando se desplaza hacia el norte, y entre septiembre y octubre cuando se dirige hacia el sur. En las dos ocasiones produce periodos de lluvias acompañados de disminución de la radiación solar y cambios en la temperatura.

A mayor elevación se presenta disminución de la precipitación debido al fuerte dominio que ejercen los vientos en la zona; es así como el extremo sur del área urbana de Coconuco a 2.900 m, en la estación Paletará la precipitación es de 1.190 (mm) anuales, mientras que al norte del área urbana a 2.630 y 2.750 m, en las estaciones Puracé y Loma redonda la precipitación aumenta a 2.179 y 2.711.6 (mm) anuales, cada una. En el Resguardo de Coconuco a 2.800 m. y en donde se ubica el área urbana la precipitación es de 1813.5 (mm) anuales.

Según el IDEAM, la distribución espacial de la precipitación media anual en la zona de Puracé presenta comportamientos variados con núcleos desde los 1.200 mm hasta aproximadamente los 2.800 mm.⁴

4.1.2.2 Distribución temporal de la precipitación. La influencia de la cadena de los Coconucos y del páramo hace, que las épocas de lluvias tengan bajas temperaturas, y la presencia de fuertes vientos sea constante durante todo el año.

De acuerdo con los registros pluviométricos (exceden de 20 años) de las estaciones de Puracé, Loma Redonda, Coconuco, Paletará y Termales de

² Plan de Ordenamiento Territorial. Municipio de Puracé Coconuco, Departamento del Cauca 2000

³ Ibid

⁴ Ibid

Pilimbalá; la precipitación promedio es de 1.904.36 mm. anuales, distribuida en periodos alternos de máxima y mínima precipitación. Una de las principales características del clima del municipio de Puracé-Coconuco, es la alta humedad relativa, así como la variabilidad regular de las lluvias mensuales que se presentan a lo largo de todo el año .⁵

Se presenta dos intervalos de máxima precipitación:

En el primer semestre del año, el periodo de mayores lluvias corresponde a los meses de marzo, abril y mayo, en el área de influencia de las estaciones de Coconuco, Puracé, y Termales de Pilimbalá en el resto del territorio municipal (Loma Redonda, Paletará, Santa Leticia) los meses mas lluviosos son abril, mayo y junio.

En el segundo semestre del año, el periodo de mayor precipitación se presenta en los meses de octubre, noviembre y diciembre en la zona de influencia de las estaciones Puracé, Coconuco y Termales de Pilimbalá.

4.1.2.3 Humedad relativa. La humedad del aire se debe principalmente a la humedad procedente de la lluvia y al agua evaporada de ríos, quebradas, lagos y lagunas.

Los valores de máxima y mínima humedad, están relacionados con los valores de máxima y mínima precipitación mensual, siendo los meses de junio, julio y agosto los de mayor porcentaje de humedad (88%), y los meses de febrero y noviembre los de menor porcentaje (86%). La diferencia es solo de 2% entre el mínimo y el máximo valor. La humedad relativa promedio anual es de 87% los suelos y la vegetación permanecen constantemente húmedos.⁶

⁵ Ibid

⁶ Ibid

4.1.2.4 Evaporación. La evaporación esta estrechamente relacionada con la precipitación, temperatura y radiación solar; es así como a mayor precipitación en el mes de julio, se presenta menor temperatura, menor brillo solar, y menor evaporación (42.0 mm). Los meses de diciembre- enero son los de mayor evaporación, con valores que oscilan entre 73.5 y 76.8 mm. Las fluctuaciones de evaporación en la zona durante el año son del 4.6%; en el mes de enero se observa un leve déficit de agua, el resto del año la precipitación es mayor que la evaporación garantizando el recurso hídrico en la zona.

4.1.2.5 Brillo solar. Brillo solar efectivo es el tiempo durante el cual brilla el sol (día, mes, año). En la zona sur del municipio de Puracé, se reporta un valor medio anual de 973.9 horas que equivalen a 2.7 horas por día.

La máxima insolación ocurre en el mes de enero, con un promedio de 115.0 horas equivalentes a 3.8 horas por día en promedio. La menor insolación se presenta en el mes de julio con 59.9 horas, que equivalen a poco menos de 2 horas por día.

Los valores de precipitación, temperatura y evaporación están relacionados y/o corresponden a los máximos y mínimos mensuales de brillo solar.⁷

4.1.3 Geología.

La cadena volcánica de los Coconucos es el rasgo geológico mas importante del área; definida como una provincia volcánica; el subsuelo del municipio de Puracé- Coconuco está constituido de rocas metamórficas de la edad Paleozoica, rocas ígneas, rocas sedimentarias y en mayor cantidad rocas de la cadena volcánica de los Coconucos de la cordillera central. Los suelos de la región varían moderadamente de profundos bien drenados a texturas franco arcillosas.⁸

⁷ Ibid.

⁸ Ibid

4.1.4 Recursos hídricos. Puracé –Coconuco es uno de los municipios Colombianos que ofrece una gran riqueza hídrica, debido a que en su territorio tienen origen importantes ríos y quebradas provenientes de la Sierra Volcánica de los Coconucos .

La malla hidrográfica es muy diversificada, gracias a la heterogeneidad de su relieve y configuración del sistema montañoso, cuyas ramificaciones, depresiones y valles determinan que los drenajes se desplacen en sentido distributivo por las diferencias que se presentan en cuanto a la altura, observándose drenajes de tipo paralelo y subparalelo. Los ríos corren generalmente a través de cañones profundos, debido a las formas quebradas y escarpadas del relieve.

La red hidrográfica en el municipio, está comprendida por las cuencas hidrográficas del alto Cauca y alto Magdalena.⁹

4.1.4.1 Usos del agua. El principal uso de los recursos hídricos del municipio de Puracé- Coconuco, corresponde al consumo humano; le siguen requerimientos de agua el desarrollo de actividades productivas como explotación agropecuaria; generación de energía eléctrica en pequeñas centrales; uso industrial; recreación y turismo.¹⁰

4.1.4.2 Consumo humano. En la cabecera municipal, Coconuco es mayor el consumo de agua por persona, ya que se hace necesario aproximadamente 139.950 litros/día, para satisfacer las necesidades de 933 habitantes actuales.

El abastecimiento se hace por medio de un acueducto municipal al cual se le practica tratamiento, del manantial conocido como Tinajuela.

En el sector rural la demanda actual de agua es de 1.196.925 Lts/día/habitante; se da un cubrimiento con servicio de acueducto, tipo veredal y colectivo al 59% del total de viviendas del sector rural.

“El 40.5% se abastecen por otro sistema como son acequias y mangueras desde nacimientos y fuentes cercanas hasta las fincas. Ninguno de los sistemas de abastecimiento cuentan con tratamiento de agua”.¹¹

4.1.5 Explotación agropecuaria

4.1.5.1 Producción agrícola. Cultivos Tradicionales; aunque generalmente no emplean riego para las parcelas, en veranos muy intensos, se utiliza el agua de uso doméstico para satisfacer las necesidades de los cultivos.

Cultivos semi-comerciales y comerciales; En caso del cultivo de la papa principalmente en la zona de Paletará, cuando se hace necesario utilizan el riego por medio de zanjas o acequias construidas para tal fin. Los cultivos comerciales como flores (PISOCHAGO S.A) y fresas (Vereda Chapio y Coconuco Centro) tienen implementados métodos de riego mas sofisticados en donde emplean aspersión, la micro-aspersión y el riego por goteo; que son sistemas de riego controlados .

Sistemas de Riego; Aunque es un municipio de gran riqueza hídrica, no existen soluciones de riego para la producción agrícola. Sin embargo, existen estudios técnicos en el Resguardo de Puracé, para la construcción del Distrito de Riego que será abastecido por el río San Francisco y las Quebradas La Esperanza y Tierra Dentro.¹²

⁹ Ibid

¹⁰ Ibid

¹¹ Ibid

¹² Ibid

4.1.5.2 Sistema de producción agrícola comercial. En el municipio, el cultivo de flores PISOCHAGO S.A ubicado en la vereda centro de Coconuco, reúne las condiciones para ser catalogada dentro de este sistema. Se caracteriza por la explotación de gran tamaño y carácter privado, la principal actividad desarrollada es el cultivo de rosas y pompones, con buenos rendimientos. La tecnología utilizada es moderna, con uso intensivo de agroquímicos, sistemas de riego, controles de fertilización, manejo de niveles de ataque para el control de plagas y enfermedades, programaciones preestablecidas para el manejo del cultivo(fertilizaciones, podas, control de malezas, riego, entre otras), lo que evidencia el control a través de asistencia técnica permanente.

Los impactos encontrados son de carácter ambiental (uso intensivo de agroquímicos), social (generación de empleo) y económicos (aumento de la calidad de vida.)¹³

4.1.5.3 Producción pecuaria. Ganadería; Se desarrollan actividades ganaderas tanto para engorde como para la producción de leche. Las praderas son naturales y sin ningún tipo de riego. El suministro de agua a los animales se hacen en forma directa de las fuentes hídricas.

Piscicultura; Aunque existe una gran oferta de recursos naturales (agua-suelo) y de clima, para el abastecimiento de proyectos psícolas, solo se cuenta con estanques para el cultivo de trucha en las veredas de Tijeras (corregimiento de Santa Leticia) y Coconuco Centro (Truchas El Molino).¹⁴

4.1.6 Uso industrial. La Empresa Agroindustrial Coconuco Ltda.(BIO-AQUA) comercializa agua purificada, mediante un proceso de tratamiento en la planta envasadora ubicada en la vereda Coconuco Centro. El abastecimiento se hace de un manantial (se desconoce su nombre) afluente directo del río Grande.¹⁵

¹³ Ibid

¹⁴ Ibid

¹⁵ Ibid

4.1.7 Planta hidroeléctrica- Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A - E.S.P. La empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A se fundó en 1927 con el objetivo de producir energía eléctrica en forma de luz, calor y fuerza motriz para cada clase de servicios públicos y privados.

La planta hidroeléctrica se localiza sobre los potreros de San Carlos y Santa Catalina de la hacienda Coconuco a unos 3 Km. aproximadamente desde la cabecera municipal de Coconuco, la cual abarca un área de unas dos (2) hectáreas.

Funcionamiento: La bocatoma a filo de agua es lateral, esta ubicada frente a las instalaciones de los cultivos de los invernaderos de PISOCHAGO, se emplea el aguas del río Grande y del río San Andrés, tomando un caudal de $23 \text{ m}^3 / \text{seg}$. el cual pasa de la bocatoma a una acequia que transporta agua por un recorrido de 1.7 Km. hasta un tanque de almacenamiento a presión de unos 140 m^3 de capacidad, luego el agua cae 391m por una tubería de 36" de diámetro, aquí el caudal de $23 \text{ m}^3 / \text{seg}$ entra a la casa de maquinas-Planta Pelton que consta de dos unidades generadoras de 100Kw Lara ASEA cada generador produce 400 voltios a 34.500 Kilovoltios, el caudal de agua utilizado es devuelto al Río Grande.¹⁶

4.1.8 Recreación y Turismo. El municipio de Puracé-Coconuco posee grandes atractivos turísticos algunos explotados y otros sin explotar, que ofrecen recreación y esparcimiento a quienes los necesitan y beneficios económicos a la población. Estos sitios constituyen principalmente las aguas termales, cascadas y lagunas.¹⁷

¹⁶ Ibid

¹⁷ Ibid

4.1.9 Resguardo de Coconuco: muestra de la actualidad ambiental del municipio.

Este resguardo se encuentra distribuido sobre la subcuenca del río Grande. La naturaleza de los materiales que constituyen el suelo, el grado de pendiente del relieve, factores biológicos y la acción antrópica han determinado deterioro de los recursos naturales en el Resguardo, afectando de manera especial el recurso hídrico.

De ahí que sea importante reconocer los problemas ambientales que se presentan en el resguardo:

- **MAL MANEJO DEL SUELO:** Es la problemática más notable en la subcuenca y se presenta básicamente por actividades pecuarias. La ganadería se desarrolla de manera extensiva en praderas naturales a las cuales no se les practica manejo especial.
- **DEFORESTACIÓN:** Desde hace aproximadamente 20 años se efectúan la extracción de especies vegetales y en especial de árboles maderables como la Jigua, Eucalipto, Encenillo, Tigero, Aguacatillo y Canelo con objetivos económicos y ampliación de potreros.

Se conserva vegetación de tipo arbustal poco denso siguiendo la línea de los ríos y quebradas.

- **CONTAMINACIÓN :** La inadecuada disposición de excretas, el acceso directo del ganado a los cauces de agua y el manejo indiscriminado de agroquímicos, son factores que día a día contribuyen a la alteración de las características fisicoquímicas y biológicas del agua de quebradas, arroyos y cañadas, en el resguardo de Coconuco.

Mal manejo de excretas; bebederos directos para el ganado; Mal uso de Agroquímicos.

- **ANÁLISIS ECONÓMICO;** El municipio de Puracé- Coconuco se caracteriza por tener un bajo grado de diversificación económica, siendo las principales actividades desarrolladas las del sector primario; predominan la agricultura y la

ganadería sobre otras como la minería, piscicultura y forestal también están presentes y son potencialmente importantes. ¹⁸

En general, en el municipio de Puracé - Coconuco se desarrollan diversas actividades económicas, que permiten determinar los sistemas de producción existentes, que se presentan en forma resumida de la siguiente manera:

Tabla No 1. Actividades Económicas Desarrolladas En El Municipio de Puracé-Coconuco.

AGRÍCOLA	Cultivos transitorios Cultivos Semipermanentes Cultivos Permanentes.
PECUARIO	Pastoreo extensivo tradicional Pastoreo semi intensivo.
FORESTAL	Plantaciones forestales protectoras y productoras
CONSERVACIÓN Y/O PROTECCION	Rehabilitación Vegetación Protectora Conservación patrimonio natural.
AGROINDUSTRIA	Pequeña y mediana industria y agroindustria.
COMERCIO	Pequeños y medianos establecimientos.
SERVICIOS	Sociales básicos, domiciliarios básicos, complementarios y administrativos.
EXTRACTIVOS	Minería Aprovechamiento recursos hidrobiológicos e hidroenergéticos Aprovechamiento forestal natural.

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Cauca, municipio de Puracé- Coconuco 2000.

4.2 EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Los organismos vivos que habitan en los cuerpos de agua presentan ciertas adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales y presentan límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas.

Dichos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos “ sensibles ” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “ intolerantes” , mientras que otros, que son “ tolerantes” no se ven afectados. Si la perturbación llega a un límite letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepase el límite letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación.

Para la evaluación de la calidad de las aguas desde el punto de vista biológico se puede utilizar cualquiera de los grupos bióticos, mediante el análisis de la estructura de su comunidad, el cálculo de los índices de diversidad homologables a índices de calidad, aplicación del concepto de bioindicación, o sometiendo organismos vivos a ensayos de laboratorio, entre otras metodologías. Los grupos bióticos utilizados bien pueden ser, bacterias, algas, macrófitas, protozoos o peces; sin embargo, actualmente está cogiendo cada día más fuerza por lo tanto es más común la utilización de las comunidades de macroinvertebrados para tal fin.¹⁹

4.2.1 Macroinvertebrados acuáticos. Los macroinvertebrados acuáticos son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios de contaminación de los ríos, como indicadores de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas, debido a diversos factores entre los cuales se tiene:

- **Son razonablemente sedentarios**, ya que debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas.

- **Ciclo de vida largo** en comparación con otros organismos, lo que permite estudiar cambios acontecidos durante periodos largos de tiempo por esta razón son buenos indicadores de perturbaciones anteriores a la toma de la muestra, superando esta limitación en el caso de los muestreos puntuales en el tiempo.

- **Alta Diversidad** Debido a la diversidad en las aguas del neotrópico, existe una amplia gama de poblaciones que se presentan para cada caso, variados grados de tolerancia frente a los diferentes niveles y parámetros de alteración. Por esta razón se habla de organismos “esteno” muy sensibles o intolerantes que son muy buenos indicadores de aguas de buena o mala calidad según el caso, y organismos tipo “euri” que si bien es cierto, no son muy buenos indicadores, permiten realizar un análisis completo de la estructura de la comunidad, para de esta forma determinar el índice biológico completo.

- **Tienen tamaño relativamente grande** (visibles a simple vista), su muestreo no es difícil y existen técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos para la toma de la muestra ya que en la mayoría de los casos son suficientes mallas sencillas de fácil construcción a partir de materiales que son muy económicos.

Otra ventaja de este grupo radica en que tras una perturbación necesitan de un tiempo mínimo de recolonización próximo al mes y a veces más, por lo que los efectos de una perturbación puede detectarse varias semanas e incluso meses después de que esta se produzca.

- **No requiere equipos costosos:** Para la toma de muestras, son suficientes mallas sencillas de fácil construcción a partir de materiales muy económicos.²⁰

¹⁸ Ibid

¹⁹ ROLDAN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados del Departamento de Antioquía. 1996

²⁰ Ibid

4.2.1.1 Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos. Entre los grupos de macroinvertebrados acuáticos más frecuentes que podemos encontrar en ríos y lagos, están: celenterados, platelmintos, nemátodos, anélidos, moluscos y artrópodos.²¹

Al Phylum Annelida pertenecen las clases Oligochaeta e Hirudinea que se consideran verdaderamente de agua dulce. Los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura de los terrestres; su tamaño varía entre 1.0 y 30.0 mm. Viven por lo general en aguas con mucha materia orgánica en descomposición y bajas concentraciones de oxígeno, por lo que se les considera indicadores de contaminación.

Clase Hirudinea: Los hirudíneos están representados por las sanguijuelas cuyo tamaño varía entre 5.0 y 45.0 mm de longitud. Su cuerpo es aplanado y se caracteriza por poseer una ventosa anterior y una posterior, las cuales utilizan para fijarse fuertemente al sustrato y para su desplazamiento. Estas viven por lo regular en aguas quietas, en charcas, lagunas, embalses y en orillas de los ríos de poco movimiento, adheridas a vegetación, troncos y prácticamente todo tipo de sustrato que encuentran a su alrededor. Toleran bajas concentraciones de oxígeno, por lo que se les encuentra en lugares afectados por contaminación orgánica y en zonas de río en recuperación.²²

El Phylum Mollusca, se dividen en dos grupos, los Gastrópodos y los bivalvos.

Clase Gastrópoda: Los gastrópodos llamados comúnmente caracoles, poseen conchas que pueden ser entre 2.0 y 70.0mm, por lo general viven en aguas con abundante carbonato de calcio, necesario para la construcción de la concha y se hallan asociados a lugares con mucha vegetación acuática y materia orgánica en descomposición

El Phylum Artrópoda representa el grupo mas abundante de los macroinvertebrados acuáticos, en donde los mas representativos son: Insecta, Miriápoda, Crustácea, Arachnoidea.²³

Orden Ephemeroptera: Reciben este nombre debido a que muchos poseen una vida corta o “effímera” ya que mientras su estado larvario puede durar varios meses en el agua, su estado adulto solo dura unas pocas horas, lo suficiente para encontrar una hembra y fecundarla; viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, aunque algunas especies pueden resistir moderados grados de contaminación.

Orden Plecóptera: Los plecópteros son un grupo pequeño y poco diversificado en el trópico. Las ninfas de los plecópteros viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos y hojas. En el neotrópico, la familia predominante e Perlidae con el género *Anacroneuria*.

Orden Trichóptera: Los tricópteros son insectos holometábolos, es decir que hacen metamorfosis completa. Viven en todo tipo de hábitat lóxicas y lénticas, pero donde alcanzan su mayor diversidad es en los lóxicos fríos.

Una de las características más llamativas de los tricópteros es la capacidad para construir “casas” o “refugios” de formas variadas, a partir de residuos vegetales y gránulos de arena o pequeñas piedritas. Estos refugios pueden ser fijos o portátiles y en ambos casos les sirven de protección y búsqueda de alimento.

Orden Díptera: Los dípteros constituyen uno de los ordenes de insectos más abundantes y más ampliamente distribuidos por el mundo, son insectos holometábolos y su ciclo de vida es muy variable, dependiendo de las especies, puede ser de semanas en unos y cerca de un año en otros. Viven en hábitat variados , se encuentran en ríos, arroyos, lagos, embalses etc.

²¹ Ibid

²² Ibid

²³ Ibid

4.2.2. Bioindicación . Se considera que un organismo es un indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat.

El estado de conocimiento que aun se tiene en Colombia de la fauna de macroinvertebrados acuáticos, aun no permite llegar a un refinamiento, como sí se tiene en Estados Unidos y en Europa, donde se dispone de claves hasta el nivel de especie para la mayor parte de la fauna existente en estos países. Con un estado así de conocimiento, se puede trabajar con índices bióticos y de diversidad, que permiten ver con mayor claridad y detalle la estructura de la comunidad, sus microhabitat y sus nichos ecológicos.

La presencia de una comunidad en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están prevaleciendo y que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma.²⁴

4.2.2.1 Características ideales de un bioindicador . Cuando se habla de características ideales de un bioindicador, se observa que sólo unos pocos organismos podrían estrictamente llenar estos requerimientos.

Para definir un bioindicador de calidad de agua, primero debe conocerse la flora y fauna acuática de la región motivo de estudio. Así, para regiones de zonas templadas como Europa y Estados Unidos ya existen organismos plenamente identificados hasta nivel de especie con su valor y peso indicativo.

Para nuestros países tropicales, este conocimiento es aun muy deficiente y solo se tiene un conocimiento hasta nivel de familias o en el mejor de los casos hasta género. Los macroinvertebrados son los de más amplia aceptación dadas las siguientes ventajas ²⁵:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos menores
- Son sedentarios en su mayoría y reflejan las condiciones locales
- Poseen ciclos de vida largos
- Son apreciables a simple vista
- Se pueden cultivar en el laboratorio
- Varían poco genéticamente
- Responden rápidamente a los tensores ambientales.

4.2.3 Métodos biológicos- métodos fisicoquímicos . Dentro de las *ventajas* ofrecidas por los métodos **químicos** están: los cambios temporales detallados, la determinación precisa de la contaminación y la fácil estandarización. Dentro de las *desventajas*: la posible contaminación de las muestras, la no integración temporal y los costos elevados. En cuanto a los análisis **biológicos**, tiene la *ventaja* de hacer integraciones espaciales y temporales, hacer estudios de bioacumulación, dar respuesta a contaminaciones crónicas y puntuales y medir la degradación de hábitat. Con relación a las *desventajas* están la sensibilidad temporal baja, dificultades de cuantificación y estandarización, así como con las aguas subterráneas. ²⁶

²⁴ Ibid

²⁵ Ibid

²⁶ PRATT, N, 1998. Bioindicadores de calidad de aguas. En: Manuscritos Curso bioindicadores de calidad de Agua. Universidad de Antioquía, Medellín.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio es de carácter descriptivo explicativo; se llevo a cabo durante un tiempo de seis meses, (enero a junio de 2003) sobre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en cuatro estaciones, así como de las características fisicoquímicas hídricas, a lo largo de un tramo de 9 km., sobre el río grande Municipio de Puracé Coconuco, departamento del Cauca (ver mapa 3). A través de él, se logra identificar e interpretar las condiciones y problemas existentes en el área de trabajo. De igual manera la información fué lograda mediante jornadas de campo y trabajos de laboratorio entre lo que se incluye la aplicación de las matrices, instrumento de evaluación que hizo parte fundamental en el desarrollo general del proceso propuesto, junto a la información lograda desde los niveles biológico (Macroinvertebrados acuáticos), fisicoquímico y estadístico.

5.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.2.1 Sub-cuenca del río grande. El río Grande se forma por la convergencia de los ríos Changue, Blanco, y San Andrés, caracterizados porque su nacimiento se origina sobre los 4000 m. en las estribaciones de la sierra de los Coconucos por el costado occidental.²⁷

Nace cerca de los 4.200 m. con el nombre del río La Calera; entre las veredas San Bartolo y Cobaló luego de recibir los afluentes arriba mencionados, se conoce como Río Grande. En su territorio se encuentra asentado el Resguardo Indígena de Coconuco.

²⁷ Plan de Ordenamiento territorial ,municipio Puracé Coconuco, Op, cit., p.12

La cobertura vegetal dominante en la sub-cuenca, está conformada por praderas naturales, en las que se desarrollan actividades de ganadería extensiva sin manejo.

El río Grande es de gran importancia socioeconómica para la zona centro del municipio, pues además de ofrecer soluciones para suministros de agua a sus habitantes; satisface también las necesidades de agua para proyectos productivos como la generación de energía eléctrica, producción agropecuaria, ganadería y cultivo de flores y producción piscícola.

El perímetro de la cuenca es de 50.7 Km., favoreciendo la captación y concentración de agua precipitada; la longitud aproximada del cauce principal es de 28.89 Km.; pendiente media de 16.12%; la densidad de drenaje de 1.36 Km./Km.²; y un tiempo de concentración de 1.35 horas; convirtiéndose en una gran vertiente portante de agua para el río Cauca, con alta estabilidad en los regímenes de caudales ²⁸.

MICROCUENCAS

- **Microcuenca del río San Andrés** Se origina a partir de los 3.900 m y cuenta con un área de 1.312.60 hectáreas, correspondientes al 1.45% del ente municipal, dando cubrimiento a la vereda Cobaló. La cobertura vegetal ha sido altamente intervenida por lo que se observan praderas naturales y parches de bosque secundario casi en toda la microcuenca .²⁹
- **Microcuenca del río Blanco** Cuenta con una extensión de 984.59 hectáreas correspondientes al 1.09% del área municipal, dando cubrimiento a las vereda de Pisanrabó y Cobaló. Su recorrido después de los 3.400 m ; lo

hace por bosque nativo intervenido y pastos naturales. Se observan procesos erosivos de tipo laminar de ligera a severa generalizada en toda la microcuenca.³⁰

- **Microcuenca del río Changue** Tiene una extensión de 3.131.23 hectáreas equivalentes al 3.46% del territorio municipal, en comprensión de las vereda Patugó, Chiliglo y Pisanrrabó.³¹

- Surge a partir de los 3.900 m. formando un encañonado y estrecho valle; este va acumulando el material proveniente de los desprendimientos de tierra que se presentan en sus márgenes (en época de invierno) como consecuencia de las quemas, deforestación y pendientes fuertes.

Para la realización del presente trabajo se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo (Ver mapa 4).

Estación No 1. Puente, km. 31.5 vía Paletará.

Estación No 2. Unión río Grande con las termas de aguas tibias.

Estación No 3. Casco urbano municipio de Coconuco.

Estación No 4. 10 metros después del vertimiento de aguas del cultivo de flores PISOCHAGO.S.A

²⁸ Ibid

²⁹ Ibid

³⁰ Ibid

³¹ Ibid

Mapa 3

Ubicación de la zona de estudio.

Mapa 4

Ubicación de las 4 Estaciones de muestreo – Río Grande.

Tabla 2. Geoposición de las cuatro estaciones de muestreo

ESTACION	M	W	N
1	2649	0.76`30"52.8	02'18"069
2	2632	76.3033.6``	02.1837.2
3	2.413	0.76`29"52.4	02'20"52.7
4	2264	0.76`29"52.3	02'121"34.6

Fuente: Propia del estudio.

5.3 PROCEDIMIENTO PARA CAPTURA DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

En cada uno de los sitios o estaciones de muestreo se colectaron los macroinvertebrados acuáticos que se van a analizar; teniendo en cuenta los siguientes pasos:

5.3.1 Captura

RED DE ARRASTRE: Consiste en una red de malla metálica o plástica, de un tejido muy fino (1 mm.), con área de 1 m², sujeta a cada lado por dos palos de 1.5 m de longitud. Una persona sostiene la malla, en contra de la corriente, mientras la otra persona remueve el fondo del río. De esta manera los organismos removidos del sustrato quedan atrapados en la malla. Este método puede ser cualitativo o cuantitativo dependiendo de las características del muestreo.³²

5.3.2 Conservación : Los organismos son colectados con pinzas de punta fina y se pasarán a frascos de boca ancha con alcohol al 70 %. Los frascos tendrán la siguiente información: Lugar de recolección, características especiales del lugar donde se tomará la muestra.

5.3.3 Identificación: Esta se llevo a cabo en el laboratorio donde se separaron los organismos a simple vista en grupos de acuerdo a su similitud morfológica, posteriormente se pasará a cada uno de los grupos a cajas de Petri y se iniciará la verdadera identificación observando los organismos al estereoscopio y utilizando las claves taxonómicas de Gabriel Roldán.³³

5.4 INDICES DE EVALUACIÓN.

5.4.1 Índice de calidad BMWP . El Biological Monitoring Working Party Score System o Sistema para la Determinación del Índice de Monitoreo Biológico consiste en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos al nivel taxonómico de familia, en diez grupos en una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua, asignando valores entre uno y diez puntos respectivamente.³⁴

Como el índice solo permitía obtener unas puntuaciones para comparar situaciones de calidad pero no para emitir juicios respecto de la misma y con base en trabajos realizados en Colombia por diferentes investigadores, entre ellos Zamora, H.(1999), presenta mediante tablas 1 y 2 una adecuación para Colombia del sistema BMWP, con la finalidad de contribuir con la diversidad y enriquecimiento de las metodologías de trabajo en el campo de los análisis de la calidad de las aguas en los ecosistemas lénticos y lóticos de Colombia.

³² ZAMORA,H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales para Colombia.

³³ Ibid.

³⁴ ARMITAGE. Op, cit. p 2.

Tabla 3. Niveles de bioindicación de las familias de macroinvertebrados acuáticos y su respectiva puntuación, de acuerdo con la adaptación realizada para Colombia del Sistema para Determinación del Índice de Monitoreo Biológico.

ORDENES	FAMILIA	PUNTOS
Plecoptera	Perlidae	10
	Euthyplociidae, Polymitarcyidae	
Ephemeroptera	Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae,	
Trichóptera	Calamoceratidae, Hydroptilidae.	
	Blepharoceridae	
	Hidridae, Clavidae, Petasidae	
Díptera		9
Hidroida		
Ephemeroptera	Oligoneuridae, Leptophlebiidae	
Odonata	Megapodagrionidae, Plythoridae	
Trichóptera	Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae	
	Simullidae	8
Díptera	Psephenops	
Psephenidae		
Odonata	Coenagrionidae, Calopterygidae	7
Trichóptera	Helicopsychidae	
Coleóptera	Dytiscidae, Ptilodactylidae, Scirtidae	
Hemíptera	Notonectidae, Mesolveiidae, Hebridae,	
	Naucoridae	
Díptera	Dixidae	7
Ephemeroptera	Tricorythidae, Leptohiphidae	
Trichóptera	Polycentropodidae, Psychomyiidae	
Coleóptera	Elmidae, Dryopidae, Staphylinidae, Girinidae	
Hemíptera	Pleidae, Vellidae, Guerridae	
Díptera	Empididae, Dolichopodidae, Muscidae	
Mesogastropoda	Melaniidae	

Ephemeroptera	Baetidae	6
Trichóptera	Hidropsychidae, Leptoceridae	
Coleóptera	Noteridae, Haliplidae	
Odonata	Libellulidae	
Lepidoptera	Pyralidae	
Neuroptera	Corydalidae	
Decapoda	Atyidae	
Anphioda	Hyaellidae	
Gordioidea	Gordiidae, Chordodidae	
Unionoida	Unionidae	
Tricladida	Planariidae, Dugesiidae	
Coleoptera	Limnychidae	5
Odonata	Aeshnidae, Lestidae	
Diptera	Tabanidae, Ceratopogonidae	
Decapoda	Palaemonidae	
Hemiptera	Belostomatidae	
Coleoptera	Curculionidae, Chrysomelidae	4
Diptera	Tipulidae, Stratiomyidae, Culicidae	
Hidracarina	Hidracaridos	
Hemiptera	Corixidae, Hydrometridae	
Basommatophora	Ancylidae, Chiliidae	
Hemiptera	Nepidae, Gelstocoridae, Saldidae	3
Coleoptera	Hidrophilidae	
Trichoptera	Leptoceridae	
Diptera	Psychodidae	
Mesogastropoda	Goniobasidae, Hydrobiidae	
Diptera	Chironominae, Chironomidae, Orthocladinae,	2
Basommatophora	Tanypodinae	
Heploptaxida	Physidae, Limnaeidae, Planorbida	
Glossiphoniiformes	Todas las familias (excepto tubifex) Glossiphoniidae, Ozobranchidae, Cyclobdellidae,	

	Cylicobdellidae, Piscicolidae, Macrobdellidae	
Haplotaxida	Tubificidae (tubifex)	1
Diptera	Syrphidae, ephyridae	

Fuente: ZAMORA, H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de las aguas epicontinentales en Colombia.

Tabla 4. Clases, Valores y Características para las aguas clasificadas mediante el Índice BMWP adaptado para Colombia.

CLASE	RANGO	CALIDAD	CARACTERISTICAS	COLOR CARTOGRAFICO
I	>121	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101 ≥120	buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61 – 100	aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36 – 60	dudosa	Aguas Contaminadas	Amarillo
V	16 – 35	Critica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤ 15	Muy critica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Aspectos Bioecológicos de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas en el departamento del Cauca ³⁵.

- Calculo del índice BMWP:** El uso del índice BMWP, requiere identificar os macroinvertebrados a nivel de familia, lo cual representa un considerable ahorro de trabajo taxonómico, y la posibilidad de ser utilizado por personal sin gran experiencia taxonómica. De hecho, en muy poco tiempo es posible reconocer las familias a simple vista, con lo cual puede realizarse un inventario de lo que habita en cada punto, en el campo y de forma simultanea con la realización del muestreo. El valor del índice BMWP obtenido en la tabla (1), se ubica en su respectivo rango en la tabla (2), de esta manera se obtienen los juicios sobre calidad y cartografía, que son los correspondientes al renglón del rango. Como los limites entre las categorías no pueden ser estrictos, necesariamente se presentan situaciones de transición, para ello se han considerado los puntajes con cinco (5) unidades por exceso o por defecto de los limites establecidos en

la tabla (2). En relación con los colores, también se deben considerar dichas transiciones y se representan alternando los colores correspondientes a los rangos plenos.

5.4.1.2 Índice de diversidad . Una comunidad natural se caracteriza por tener una alta diversidad o riqueza y un bajo número de individuos por especie. Por el contrario, una comunidad bajo la presión de la contaminación, se caracteriza por poseer un bajo número de especies, pero muchos individuos por especie. Esto lo provocan también condiciones naturales extremas. ³⁶

Basado en lo anterior, la diversidad de la comunidad se toma como una medida de la calidad del agua del río. Se han desarrollado muchos índices para medir la diversidad. El más conocido y usado es el de Shannon- Weaver (1949). Este refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad mayor es el valor.

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{n} \ln \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

donde H' = índice de diversidad,

n_i = número de individuos por especie,

n = número total de individuos

\ln = logaritmo natural.

El índice de diversidad oscila entre 0.0 y 5.0 y debe interpretarse de la siguiente manera:

0.0-1.5 Baja Diversidad	→	Alta contaminación
1.6-3.0 Mediana diversidad	→	Mediana contaminación
3.1-5.0 Alta Diversidad	→	Baja Contaminación

³⁵ ZAMORA, H. Aspectos Bioecológicos de las comunidades de macroinvertebrados dulceacuícolas en el departamento del Cauca.

³⁶ SHANNON, WEAVER, Indice de Diversidad.1949

Es importante aclarar que en ciertas ocasiones una baja diversidad no es indicadora de contaminación, ya que en algunos casos la baja diversidad esta determinada por la carencia de nutrientes en el cuerpo de agua, mas no porque existía algún tipo de alteración de origen antrópico. Por lo anterior es importante tener en cuenta otros parámetros al momento de realizar análisis de este tipo.

5.5 Análisis: Terminada la identificación se trabajó teniendo en cuenta los siguientes datos:

N : Tamaño total de la muestra o muestras.

S : Número de poblaciones (grupos diferentes)

ni : Número de organismos por cada población.

El análisis fué realizado desde diversos puntos de vista a saber:

- ✓ Estructura de la comunidad
- ✓ Indice de diversidad Shannon Weaver
- ✓ Carácter bioindicador.
- ✓ Índice de calidad biológica BMWP

5.6 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS

En cada una de las estaciones, al tiempo que se capturan los MAE son determinadas las características fisicoquímicas.

5.6.1 Características físicas

TEMPERATURA : Mediante la utilización del termómetro. Datos expresados en grados centígrados.

5.6.2 Características químicas. Los parámetros considerados son: Temperatura, oxígeno disuelto (OD), CO_2 , pH, alcalinidad, acidez, conductividad, nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), amonio (NH_4^+), salinidad.

6. ANALISIS ESTADÍSTICO

Este análisis se realizó por medio de pruebas no paramétricas dada la variación de los parámetros físicos, químicos y biológicos en las diferentes épocas de muestreo.

7. MATRICES DE EVALUACION

7.1 Elaboración de la matriz del ecosistema - Influencias- Dependencias

La elaboración de esta matriz tiene por objeto determinar el grado de influencia y dependencia de los indicadores específicos o de primer nivel, permitiendo elaborar una categorización en referencia a estos dos aspectos.³⁷

Un indicador que presenta un alto grado de dependencia, indica que es de alto valor en el análisis ambiental, ya que es sensible a los cambios. Es importante definir de antemano, que aquí solo se tendrán en cuenta aquellas dependencias e influencias directas, esto con el objeto de evitar redundancia en el análisis puesto que un cambio detectado en un indicador por lo general expresa relaciones directas o indirectas que un tensor genera sobre el sistema.

La matriz centra la atención del análisis y escoge indicadores que sean representativos para la evaluación y ayuden a definir las características de un ecosistema.

La matriz se elabora teniendo en cuenta los indicadores básicos, que deben ser medibles o cuantificables. En esta matriz se localizan sobre las abscisas los indicadores antes mencionados y se cruzan con los mismos indicadores que se localizan en las ordenadas; todo esto teniendo en cuenta las relaciones de influencias o dependencia.

Las relaciones que se presentan entre los mismos indicadores se anotan con un cero (0) en la casilla de cruce; cuando la relación es directa y además se presenta una influencia y una dependencia entre los indicadores, se anota un 1 en la correspondiente casilla. Las influencias se leen en la parte superior de la matriz hacia abajo, es decir verticalmente y las dependencias tienen una lectura de izquierda a derecha. La imagen recíproca por una influencia será su dependencia y viceversa, razón por la cual solo se escribe un número por casilla. El porcentaje de influencia o de dependencia será el resultado de dividir el número de influencias o de dependencias por el número total de indicadores que está definiendo la matriz.

Los datos que se obtienen se llevan a un plano de coordenadas donde se gráfica la relación Influencias –Dependencias.

Los indicadores son ubicados en cuatro cuadrantes, con un significado específico, según su ubicación:

Cuadrante I: Son variables de mucha influencia y poca dependencia.

Cuadrante II : Variables de gran influencia y gran dependencia sobre el sistema.

Cuadrante III : Variables que influyen directamente sobre el sistema y resultan de difícil manejo, debido a su alto grado de dependencia.

Cuadrante IV : Variables con poca influencia, poca dependencia, que no afectan ni son afectadas de manera significativa.

Los resultados de la matriz se expresan como Grados de Dependencia o de Influencia de cada indicador sobre el ecosistema.

El grado de dependencia esta expresado como

$$GD = \frac{\sum D}{\sum I}$$

Al calcular el grado de dependencia para todos los indicadores de la matriz, se ordenan de mayor a menor grado de dependencia, con el objeto de escoger los indicadores mas representativos para el análisis.³⁸

³⁴ FIGUEROA Casas, Apolinar; et, al. Evaluación de impacto ambiental un instrumento para el desarrollo. Cali. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. 1998. p. 125 – 134

³⁵ Ibid

8.RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Entre los meses de enero y junio de 2003, se realizaron muestreos periódicos (2 veces por mes) de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, así como de las características fisicoquímicas hídricas en el río Grande municipio de Coconuco.

La longitud aproximada del recorrido del río es de 9 kilómetros a lo largo de las cuatro estaciones de muestreo a saber: Estación No 1; Puente Km. 31.5 vía Paletará km.(2.649 m de altura), Estación No 2, unión del río con las aguas termales aguas tibias (2.632 m de altura), Estación No 3; Casco urbano municipio de Coconuco (2.413 m. de altura) y Estación No 4; 10 metros después del vertimiento de aguas del cultivo de flores. PISICHAGO S.A (2.264m de altura); en su recorrido se detectaron problemas como vertimientos de aguas termales, aguas residuales domesticas e industriales y actividades de tipo recreativas.

Se capturaron 5.670 individuos; pertenecientes a tres (3) Phylum, doce (12) ordenes, 27 Familias y 34 Géneros.

8.1.1 ESTACION No 1. : Puente, vía Paletará Kilómetro 31.5



Figura 1. Estación No 1: Puente, vía Paletará Kilómetro 31.5

La estación No 1, presentó un total de 3214 individuos colectados durante los seis meses de muestreo, (enero- junio) de 2003; con una dominancia de los géneros *Lachlania*, *Cylloepus*, *Mortoniella* y *Leptonema*. Ver tabla 5

En época de verano, esta estación presentó un total de 1280 individuos distribuidos de la siguiente manera: enero 411, febrero 626 y marzo 243; con una dominancia de los géneros *Lachlania* (401), y *Mortoniella* (187).

En época de lluvia, se colectaron 1936 individuos distribuidos de la siguiente manera: abril, 680 , mayo 830 y junio 426 ,con una dominancia de los géneros *Leptonema*(377), *Cylloepus* (226), y *Atopsyche* (223).

Tabla No 5. Macroinvertebrados Acuáticos Colectados en La Estación No 1 periodo de estudio enero a junio de 2003

Zona	Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Ni	BMWP
1	Arthropoda	Insecta	Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria	56	10
			Trichoptera	Hidrobiosidae	Atopsyche	235	6
				Hydropsychidae	Leptonema	411	6
				Leptoceridae	Oecetis	166	6
					Atanatolica	260	
				Glossosomatidae	Mortoniella	354	10
				Helicopsychidae	Helicopsyche	23	6
					Borealis	2	
				Odontoceridae	Marilia	29	10
			Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	25	6
					Baetis	51	
					Moribaetis	1	
				Leptophlebiidae	Thraulodes	9	9
					Terpides	1	
				Oligoneuridae	Lachlania	612	9
				Trycorythidae	Leptohyphes	64	7
					Tricorythodes	17	
			Diptera	Tabanidae	Tabanus	43	5
				Blepharoceridae	Limonicola	146	10
				Tipulidae	Tipula	2	4
				Psychodidae	Clognia	17	3
			Lepidoptera	Pyralidae	Petrophyla	6	6
			Coleóptera	Psephenidae	Pshenops	12	9
				Elmidae	Cylloepus	387	7
					Macrelmis	5	
				Ptilodactylidae	Anchytarsus	122	8
	Mollusca	Gastropoda	Basomatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	37	2
			Amphipoda	Hyalellidae	Hyalela	57	9
	Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		11	2
		Arachnoidea	acari			53	8
	TOTAL					3214	158

Fuente: propia del estudio

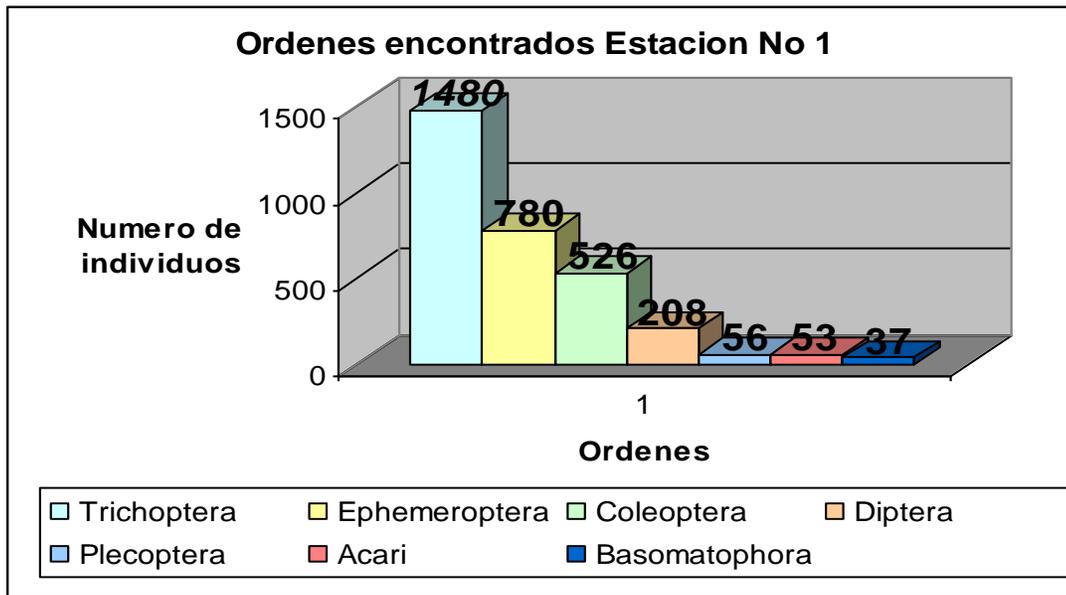


Figura 2. Ordenes de MAE , encontrados en la Estación No 1.

8.1.1.1 Macroinvertebrados Bentónicos, dominantes en la estación de muestreo No 1



Figura 3 Vista Dorsal
Orden: Plécoptera
Familia: Perlidae
Genero: *Anacroneuria*



Figura 4. Vista Ventral
Orden: Plécoptera
Familia: Perlidae
Género: *Anacroneuria*



Figura 5. Figura 6.
 Orden: Trichóptera
 Familia: Hydropsychidae
 Genero: *Leptonema*



Orden: Trichóptera
 Familia: Hydropsychidae
 Genero: *Leptonema*



Figura 7.
 Vista Dorsal
 Orden: Ephemeroptera
 Familia: Oligoneuridae
 Genero: *Lachlania*



Figura 8 .
 Orden: Ephemeroptera
 Familia: Oligoneuridae
 Genero: *Lachlania*



Figura . 9
 Orden: Trichóptera
 Familia: Glossosomatidae
 Genero: *Mortoniella*



Figura 10
 Orden: Trichóptera
 Familia: Glossosomatidae
 Genero: *Mortoniella*



Figura 11. Vista Dorsal
Orden: Coleóptera
Familia: Elmidae
Género: *Cylloepus sp*



Figura 12.
Orden: Coleóptera
Familia: Elmidae
Género: *Cylloepus sp*

8.1.2 Estación No 2. Unión del río con las termales Aguas Tibias



Figura 13. Estación No 2, Unión del río con Las termales aguas tibias

En la estación No 2 ,se encontraron 1176 individuos , con una dominancia de los géneros *Mortoniella*, *Atanatólica*, y *Lachlania*. Ver tabla 6

En época de verano, se colectaron 351 individuos distribuidos de la siguiente manera: enero 109, febrero 201 y marzo 41; con una dominancia de los géneros *Mortoniella* (110) .

En época de lluvia, con un total de 825 individuos y distribuidos de la siguiente manera: abril 387, mayo 301 y junio 137 ,con una dominancia de los géneros *Atanatolica* (128), *Cyloepus* (110).

Tabla No 6. Macroinvertebrados Acuáticos Colectados en la Estación No 2 periodo de estudio enero a junio de 2003.

ZONA	PHYLUM	Clase	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Ni	BMWP
2	Arthropoda	Insecta	Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria	12	10
			Trichoptera	Hidrobiosidae	Atopsyche	24	6
				Hydropsychidae	Leptonema	54	6
				Leptoceridae	Atanatolica	175	6
				Glossosomatidae	Mortoniella	212	10
				Helicopsychidae	Helicopsyche	9	6
			Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	90	6
					Baetis	19	
				Leptophlebiidae	Thraulodes	74	9
				Oligoneuridae	Lachlania	158	9
				Tricorythidae	Tricorythodes	62	7
			Díptera	Tabanidae	Tabanus	8	5
				Blepharoceridae	Limonicola	29	10
				Psychodidae	Clognia	5	3
			Coleóptero	Psephenidae	Pshenops	3	9
				Elmidae	Cyloepus	123	7
				Ptilodactylidae	Anchytarsus	107	8
	Mollusca	Gastrópoda	Basomatophora	Physidae	Physa	3	2
				Lymnaeidae	Lymnaea	1	2
	Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		2	2
		Hirudinea	Hirudiformes			3	2
		Arachnoidea	Acari			3	8
						1176	133

Fuente: propia del estudio

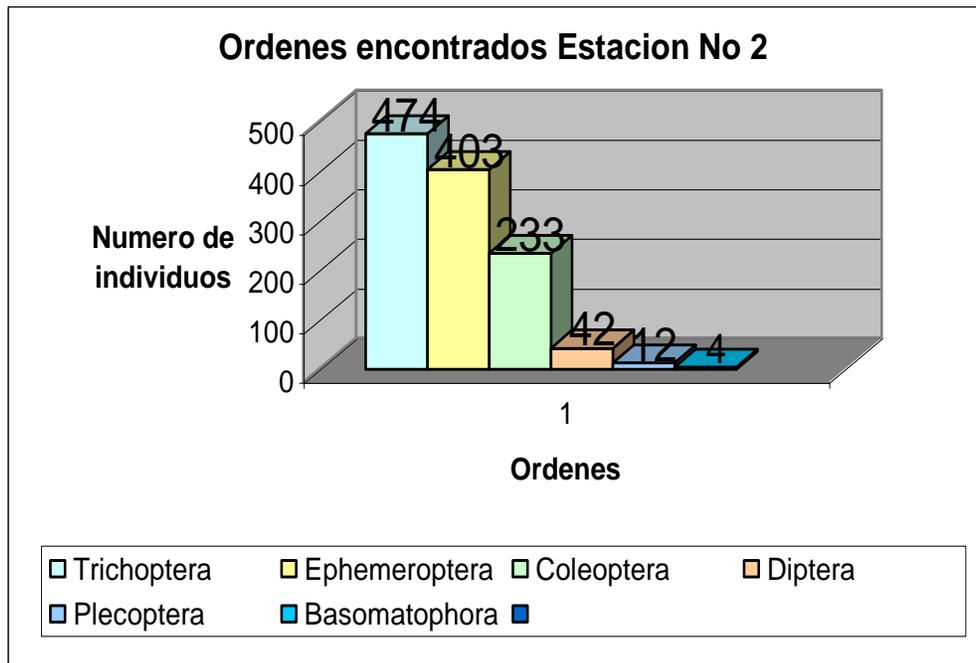


Figura 14 Ordenes de MAE encontrados en la estación No 2

8.1.2.1 Macroinvertebrados Bentónicos, dominantes en la estación de muestreo No 2



Figura 15
Orden: Trichóptera
Familia: Leptoceridae
Genero: *Atanatólica*



Figura 16. Vista Ventral
Orden: Trichóptera
Familia: Leptoceridae
Genero: *Atanatólica*

8.1.3 Estación No 3. Casco urbano Coconuco



Figura 17. Estación No 3, Casco Urbano de Coconuco.

Estación No 3: Se colectaron 874 individuos, con dominancia de los géneros *Mortoniella*, *Tricorythodes*, *Baetodes*. Ver tabla 7

En época de verano, se encontraron 433 individuos distribuidos de la siguiente manera: enero 130, febrero 148 y marzo 155; con una dominancia de los géneros *Mortoniella* (88) y *Physa* (64).

En época de lluvia, se colectaron 441 individuos distribuidos así: abril 198, mayo 163 y junio 80, con dominancia de los géneros *Mortoniella* (104) y *Baetodes* (75).

Tabla No 7. Macroinvertebrados Acuáticos colectados en la Estación No 3 periodo de estudio enero a junio de 2003

Zona	Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Ni	Bmwp		
3	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hidrobiosidae	Atopsyche	3	6		
				Hydropsychidae	Leptonema	107	6		
				Leptoceridae	Atanatolica	25	6		
				Glossosomatidae	Mortoniella	192	10		
				Helicopsychidae	Helicopsyche	23	6		
			Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	123	6		
						Tricorythodes	127		
			Diptera	Tabanidae	Tabanus	28	5		
				Blepharoceridae	Limonicola	65	10		
				Psychodidae	Clognia	5	3		
			Coleoptera	Psephenidae	Pshenops	1	9		
				Elmidae	Cyloepus	21	7		
				Ptilodactylidae	Anchytarsus	24	8		
			Mollusca	Gastropoda	Basomatophora	Physidae	Physa	109	2
						Lymnaeidae	Lymnaea	7	2
				Arachnoidea	Acari			14	8
								874	94

Fuente: propia del estudio

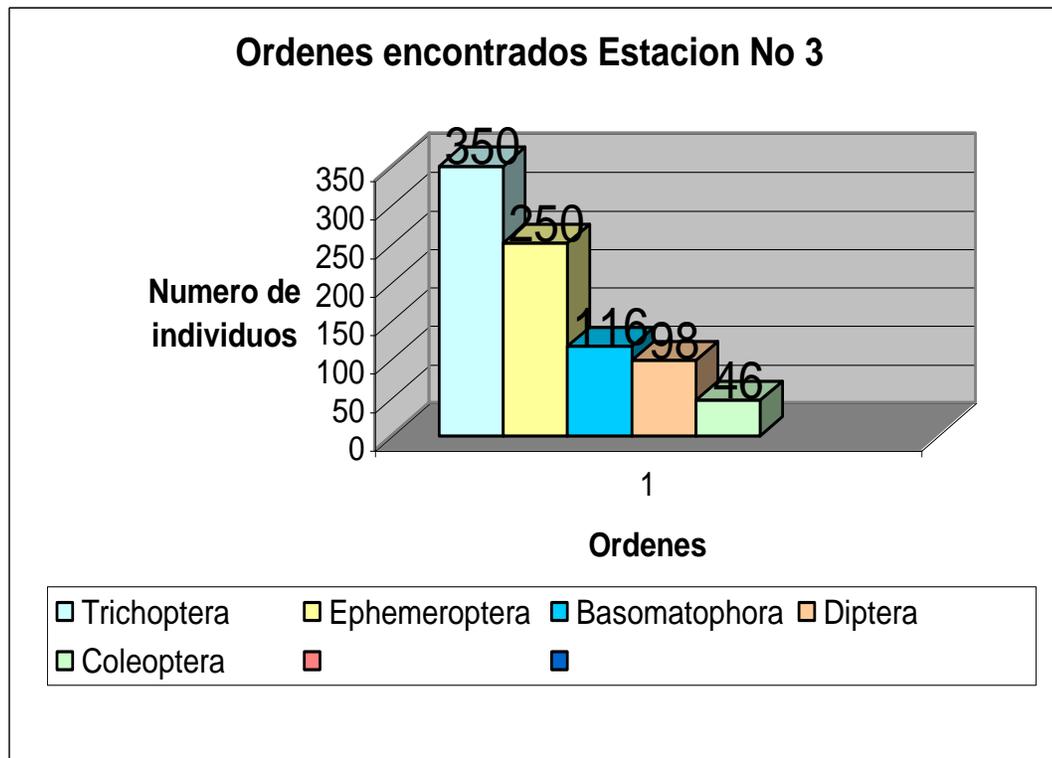


Figura No 18. Ordenes de MAE, encontrados en la Estación No 3.

8.1.3.1 Macroinvertebrados Bentónicos, dominantes en la estación de muestreo No 3



Figura 19. Vista Dorsal
Genero: *Atanatólica*
Familia: Baetidae
Genero: *Baetodes*



Figura 20. Vista Ventral
Genero: *Atanatólica*
Familia: Baetidae
Genero: *Baetodes*

8.1.4 Estación No 4 .10 metros después del vertimiento de aguas del cultivo de flores PISOCHAGO.S.A



Figura 21. Estación No 4 Desvío río Grande



Figura 22. Estación 4, Cauce seco río Grande



Figura 23. Estación 4, presa río Grande



Figura 24. Estación 4, Lugar de la toma de muestras.



Figura 25. Caída de agua río Grande- Central hidroeléctrica- Coconuco

8.1.4 Estación No 4. Esta estación se ve seriamente afectada por falta de flujo natural de agua, 2.5 kilómetros del cauce fueron represados y desviados con fines de generamiento de hidroenergía; y el poco flujo de agua que se halló en esta estación se asume que por escorrentías fue afectado por las pequeñas zanjas que a lo largo del cultivo de flores PISOCHAGO S.A desembocaban en el río Grande.

El cultivo de flores PISOCHAGO S.A, producía mayormente claveles y pompones, para la fumigación de dichas plántulas existen gran variedad de insuquimicos entre ellos cabe destacar : insecticidas como el Nerisec, Dipel, Tediondo, Sistemín, entre otros. Fungicidas como: Robral Contro 500 y abonos como el Triple 15 y 10-30-10.

La estación presentó un total de 404 individuos, con una dominancia de los géneros de los géneros *Centrocorisa* e *Hirudinea* . Ver tabla 8

En época de verano, se colectaron 211 individuos distribuidos de la siguiente manera: enero 76, febrero 76 y marzo 59 con una dominancia del género *Centrocorisa* (98).

En época de lluvia, el total de individuos fue 193 , distribuidos de la siguiente manera: abril 55, mayo 79 y junio 59 con una dominancia de género *Centrocorisa*.(88)

Tabla No 8. Macroinvertebrados Acuáticos Colectados En La Estación No 4 periodo de estudio enero a junio de 2003

ZONA	PHYLUM	Clase	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Ni	BMWP
4	Arthópoda	Insecta	Trichóptera	Leptoceridae	Atanatónica	3	3
				Glossosomatidae	Mortoniella	50	10
			Diptera	Tabanidae	Tabanus	29	5
			Coleóptera	Elmidae	Cylloepus	8	7
			Hemíptera	Corixidae	Centrocorisa	186	8
	Mollusca	Gastropoda	Basomatophora	Physidae	Physa	24	2
			Amphipoda	Hyaellidae		2	8
	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		39	2
		Hirudinea	Hirudiformes			63	2
TOTAL						404	47

Fuente: propia del estudio

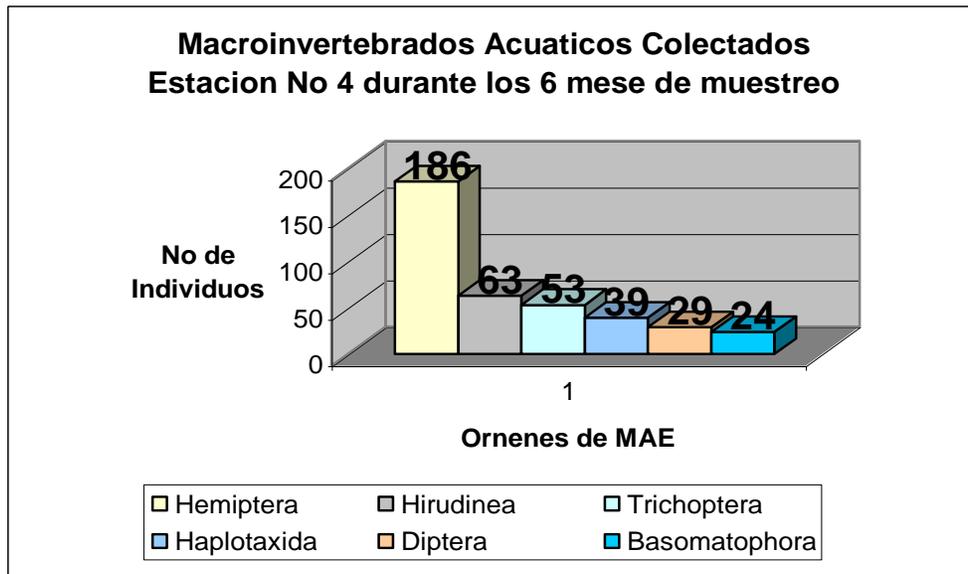


Figura 26. Ordenes de MAE, encontrados Estación No 4.

8.1.4.1 Macroinvertebrados Bentónicos, dominantes en la estación de muestreo No 4



Figura 27. Vista Ventral
Orden: Hemíptera
Familia: Corixidae
Genero: *Centrocorisa*



Figura 28. Vista Dorsal
Orden: Hemíptera
Familia: Corixidae
Genero: *Centrocorisa*



Figura 29. Vista Ventral
Orden: Hirudinea
Familia: Hirudiformes



Figura 30. Vista Dorsal
Orden: Hirudinea
Familia: Hirudiformes



Figura 31.
Orden: Haplotaxida
Familia: Naididae
Genero:



Figura 32.
Orden: Haplotaxida
Familia: Naididae

8.2 INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON- WEAVER

Tabla No 9 Aplicación índice de diversidad (H') en cada estación de muestreo.

SITIO DE MUESTREO		INDICE DE DIVERSIDAD	CARACTERISTICAS
Estación No 1		2.3	Mediana Diversidad y Contaminación
Estación No 2		2.0	Mediana Diversidad y Contaminación
Estación No 3		1.73	Mediana Diversidad y Contaminación
Estación No 4		1.02	Baja Diversidad y Alta Contaminación

8.2.1 Estación No 1. El índice de diversidad de Shannon Weaver obtenido para esta estación fue de 2.3 (Tabla 9, Figura 37), valor correspondiente mediana diversidad. Este valor indica que en este tramo, el río aun conserva parte de su comunidad de macroinvertebrados acuáticos, y no se ha visto afectado en su totalidad por intervenciones de tipo antrópico, presentando a su vez un nivel medio de contaminación.

El índice varió a lo largo de los diferentes meses de muestreo, siendo los meses de febrero y abril los de mas alta diversidad (Figura 33).

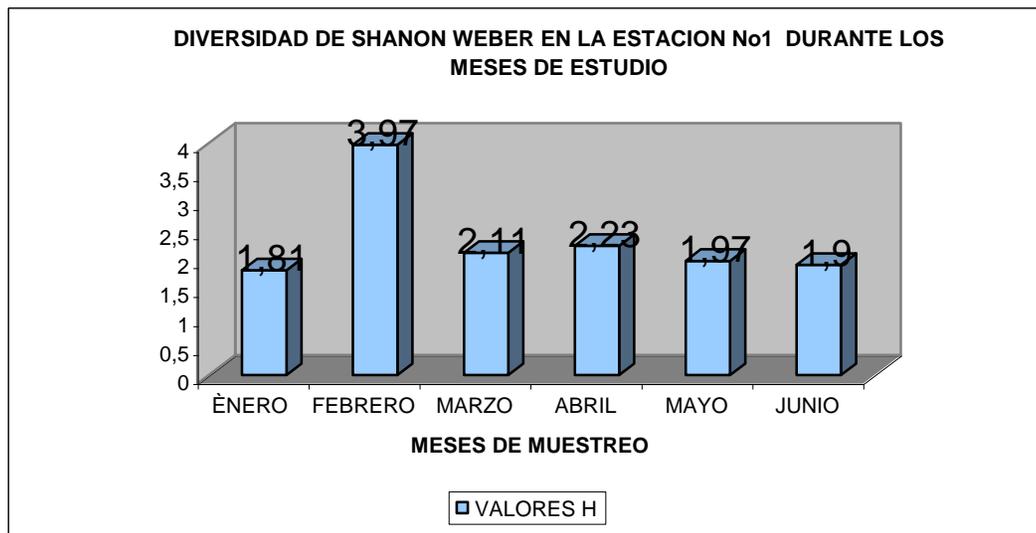


Figura 33. Valores de índice de diversidad Shannon Weaver, Estación 1 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.2.2 Estación No 2. El valor obtenido para diversidad en este punto, fue de 2.0 (Tabla 9, Figura 37), valor correspondiente a mediana diversidad, disminuyendo un poco, en relación a la estación No 1 debido a la alteración a la que está expuesto el río al presentarse la unión con las termales de aguas tibias, salientes del centro recreativo Aguas Tibias –Coconuco. Esta unión, no solo altera la temperatura del río, sino que le aporta residuos de azufre provenientes de las termales, alterando las diferentes poblaciones en cuanto a presencia o ausencia de individuos.

El índice varió a lo largo de los diferentes meses de muestreo, siendo los meses de mayo y junio los de más alta diversidad, valores que corresponden a los meses en los que predominó la temporada de invierno y se incrementó el número de individuos .(Figura 34)

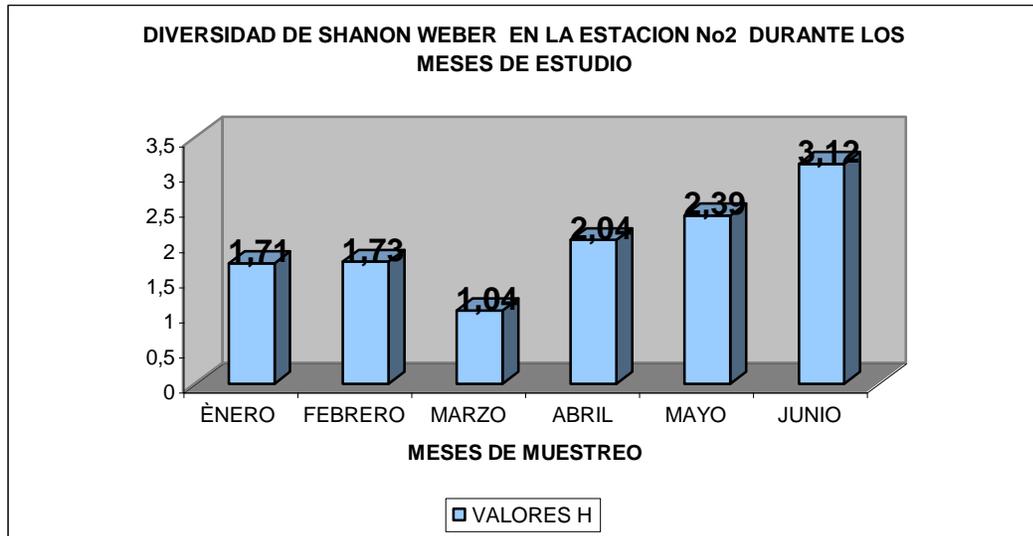


Figura 34. Valores de índice de diversidad Shannon Weaver, Estación 2 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.2.3 Estación No 3, Casco Urbano- Coconuco El valor de Shannon Weaver fue de 1.73 (Tabla 9, Figura 37), correspondiente a una mediana diversidad. Este valor muestra como la diversidad de organismos disminuye, con relación a las estaciones 1 y 2, característica que se le atribuye a la cantidad de factores que han afectado el río durante el pequeño recorrido, tales como residuos de actividades domesticas, pequeños cultivos no tecnificados, basuras, jabones y demás resultantes de los diferentes asentamientos humanos instalados a las orillas del río; los valores arrojados por el índice, no variaron en forma destacada, y nunca fueron superiores a 2.0 durante los seis meses de muestreo, manteniéndose casi de forma constante, siendo Enero el mes de mayor diversidad (Figura 35).

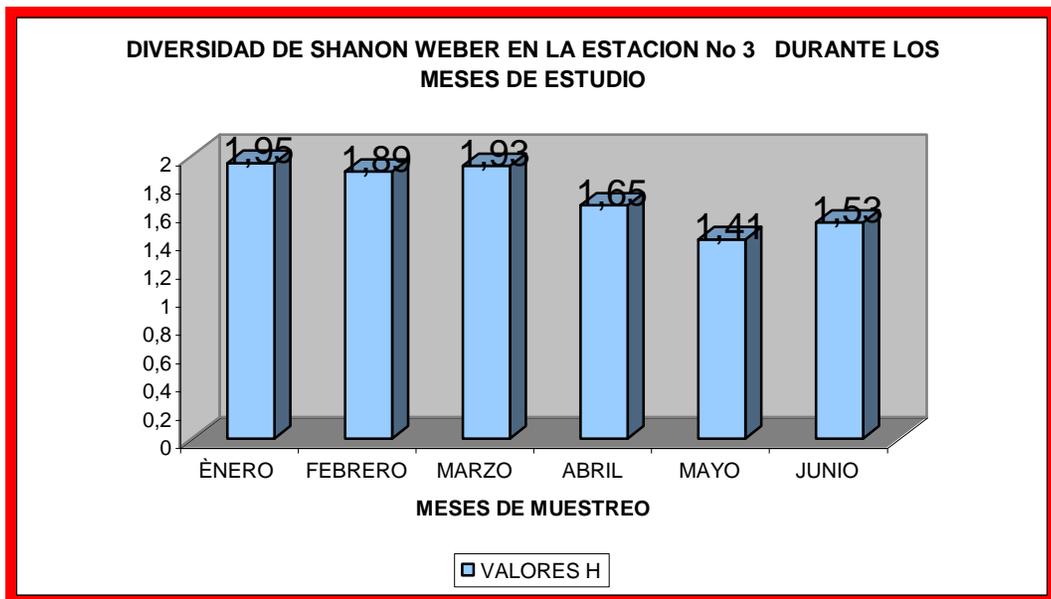


Figura 35. Valores de índice de diversidad Shannon Weaver, Estación 3 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.2.4 Estación No 4, Cultivo de flores Piscochago. S.A La diversidad fue de 1.02 (Tabla 9, Figura 37), valor correspondiente a baja diversidad de organismos. El valor del índice en esta estación muestra una diversidad casi

nula, característica de aguas con un alto grado de contaminación por efecto de diferentes residuos sólidos y/o líquidos.

La estación 4, presentó los valores mas bajos en cuanto a diversidad, y los mas altos en contaminación a lo largo de los seis meses de muestreo, en relación a las estaciones 1,2 y 3 sosteniendo valores por debajo de 2.0, siendo el mes de marzo el de mayor diversidad. (Figura 36).

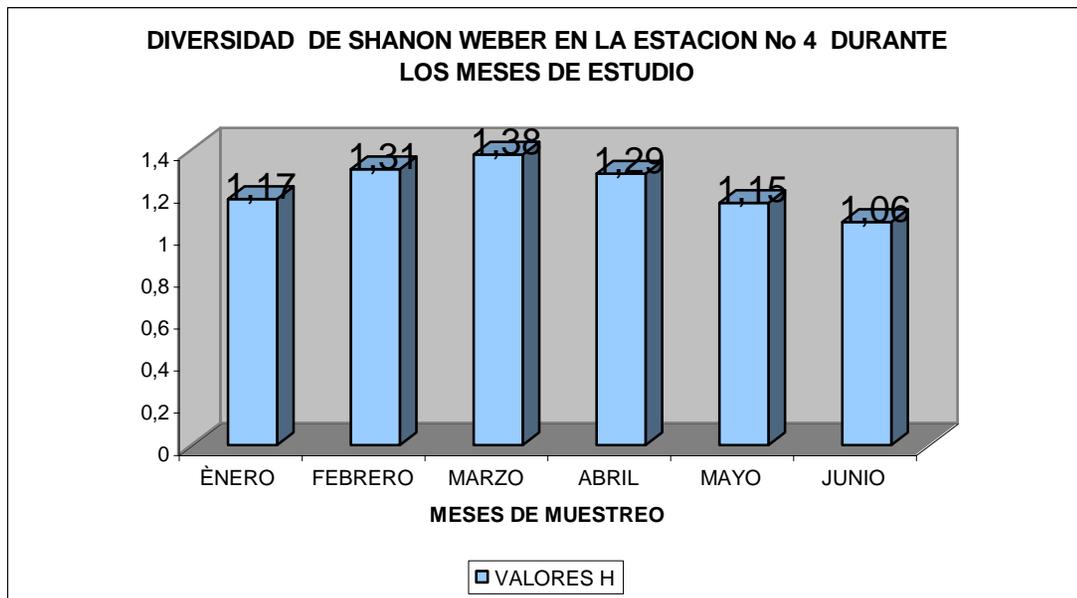


Figura 36. Valores de índice de diversidad Shannon Weaver, Estación 4 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

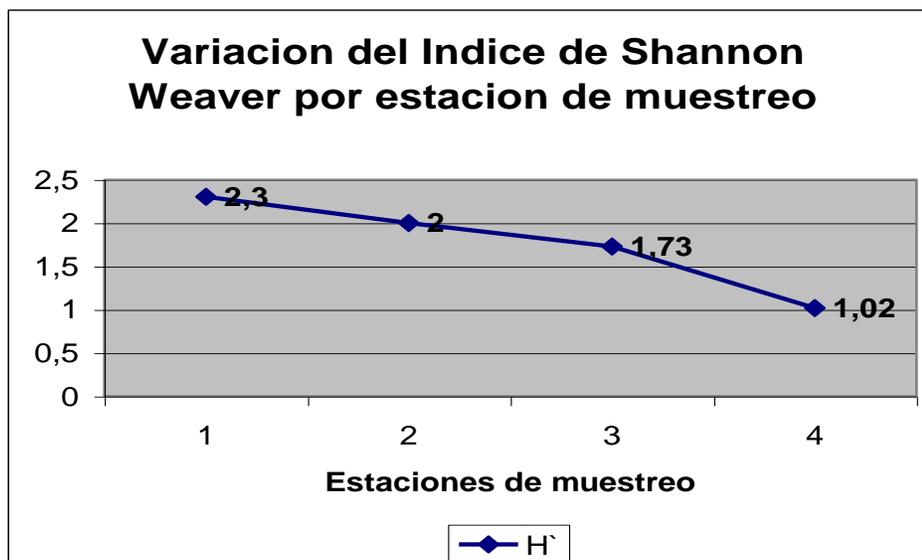


Figura 37. Variación del índice de diversidad Shannon Weaver por estación de muestreo.

De acuerdo con los resultados anteriores se puede concluir que la diversidad en las tres primeras estaciones es mediana al igual que su grado de contaminación; y que en la estación No 4 el cambio es notorio, al ser esta la única que presentó niveles altos de contaminación y baja diversidad de organismos; aunque cabe destacar que a lo largo de cada una de las estaciones de muestreo, la diversidad disminuye; esto como consecuencia de las cargas contaminantes a lo largo de las mismas.

8.3 INDICE DE CALIDAD BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Tabla 10. Aplicación Índice de Calidad BMWP, en cada estación de muestreo

SITIO DE MUESTREO	INDICE DE CALIDAD	CARACTERISTICAS
Estación No 1	158	Aguas muy limpias
Estación No 2	127	Aguas muy limpias
Estación No 3	94	Aguas medianamente contaminadas
Estación No 4	47	Aguas contaminadas

8.3.1 Estación No 1. El valor del índice de Calidad BMWP obtenido para esta estación fue de 158 (Tabla 10, Figura 42), valor correspondiente a aguas muy limpias. Este valor se ajusta, siendo esta la primera estación de muestreo y la que se encuentra menos intervenida. La presencia de las poblaciones de macroinvertebrados y el número de individuos fue generalmente abundante durante los meses de muestreo. Los registros de abril y mayo fueron los más altos en cuanto a abundancia de individuos, registros que coinciden con el aumento en la precipitación (Figura 38).

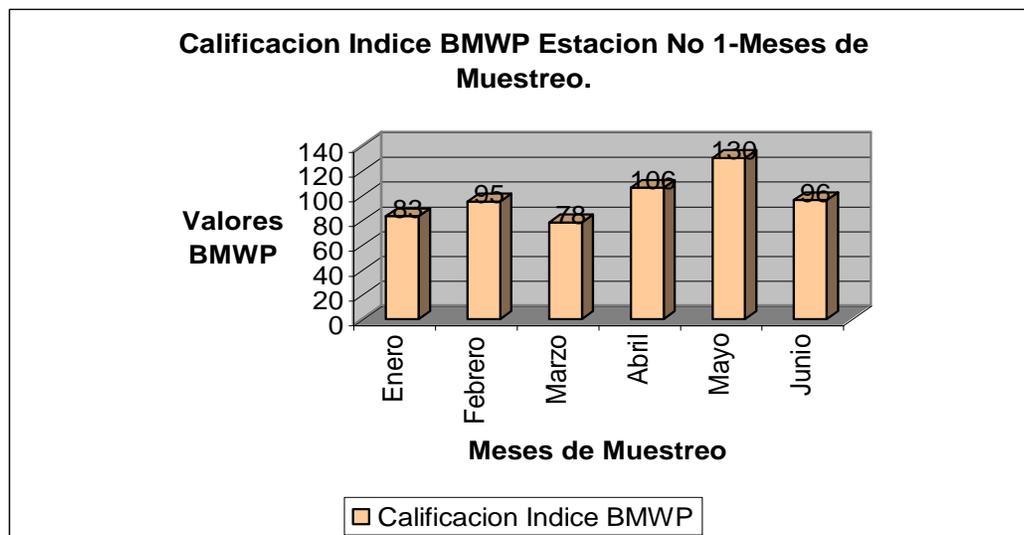


Figura 38. Variación del índice de Calidad BMWP estación No 1 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.3.2 Estación No 2. El valor de BMWP obtenido fue 127 (Tabla 10, Figura 42), valor correspondiente a aguas muy limpias. Este valor no varia de forma significativa en cuanto al rango de calificación con respecto a la estación No 1 y el río no se ha visto fuertemente afectado, aunque es aquí donde se produce la unión del cauce natural del río con las termales de agua tibia y se encuentra establecido un centro recreativo que afecta con basuras y residuos de otro tipo el río. Los meses que registraron los valores de BMWP mas alto fueron mayo y abril respectivamente, registros que coinciden con la abundancia de individuos que en estos meses aumento, al igual que la precipitación (Figura 39).

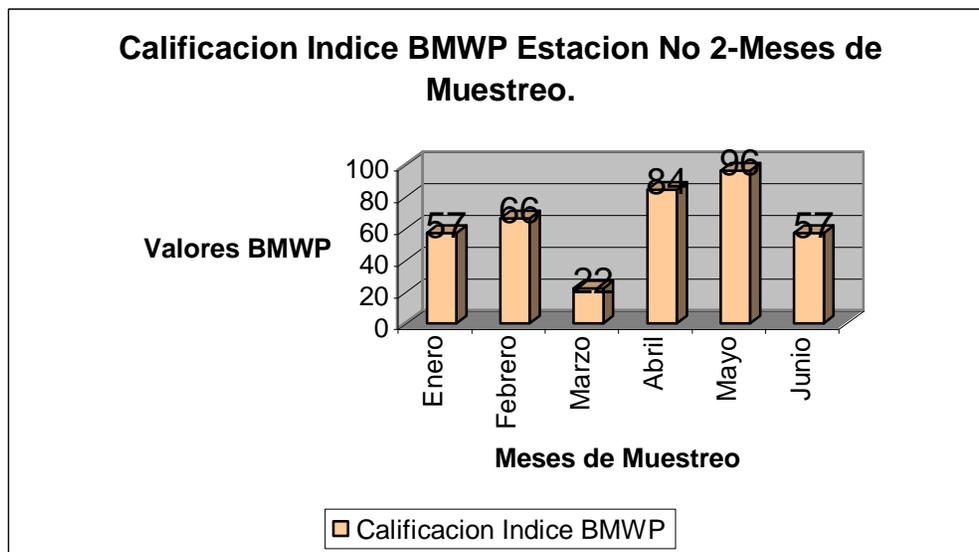


Figura 39. Variación del índice de Calidad BMWP estación No 2 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.3.3 Estación No 3. El índice de Calidad BMWP obtenido para esta estación fue de 94 (Tabla 10, Figura 42), valor correspondiente a aguas medianamente contaminadas. El valor para esta estación bajó de forma significativa, en relación a las estaciones 1 y 2, tanto en número como en rango de calificación; el recorrido del río grande hasta este punto, ha recibido diferentes tipos de aporte como las aguas tibias, los residuos que diariamente arrojan las viviendas y asentamientos humanos ubicados a las orillas del río, que desarrollan diferentes actividades de tipo doméstico y pequeños cultivos no tecnificados, conocidos como cultivos caseros. La estación No 3 se ve afectada en forma clara tanto en el número de individuos, índice de diversidad, calidad y de tipo

paisajístico que se ve alterado en forma negativa. El mes que registró el valor más alto en cuanto a calidad fue marzo, mes correspondiente a época de verano. (Figura 40).

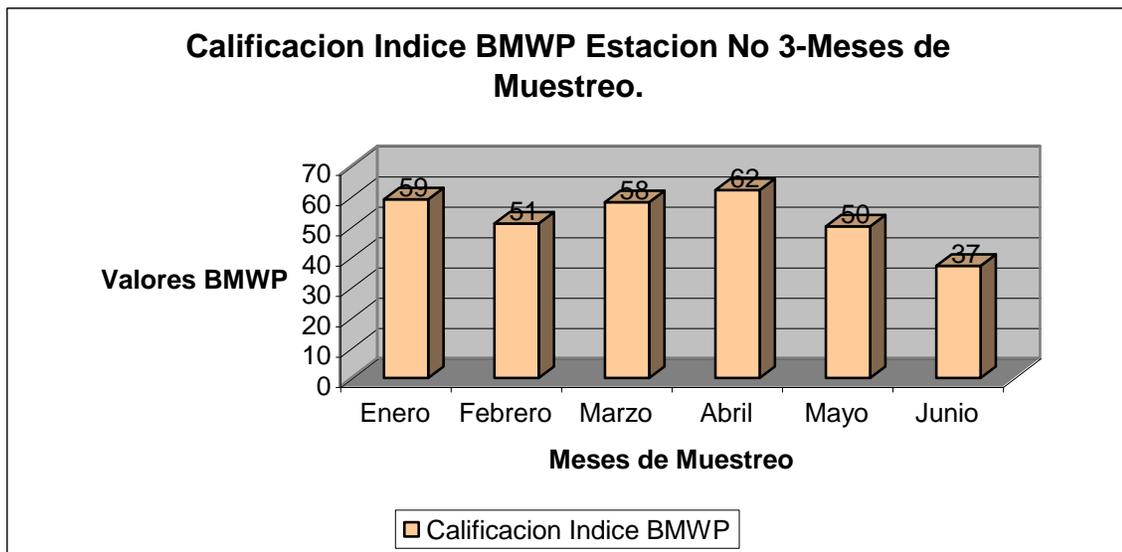


Figura 40. Variación del índice de Calidad BMWP estación No 3 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.3.4 Estación No 4, Cultivo de flores PISOCHAGO. S.A El valor del índice de Calidad fue de 47 (Tabla 10, Figura 42), valor correspondiente a aguas muy contaminadas. El valor para esta estación bajó de forma muy significativa, tanto en número como en rango de calificación, respecto a las tres estaciones anteriores; cabe destacar que el lugar de toma de muestras, fue el cauce natural del río en un punto en el cual el flujo de agua fue casi inexistente a lo largo de los meses de muestreo, los lugares tenidos en cuenta fueron pequeños estancamientos de agua a los que de forma directa caen los residuos de los viveros del cultivo de flores PISOCHAGO S.A. La estación No 4, representa el punto máximo de contaminación entre las diferentes estaciones de muestreo,

puesto que es aquí donde las aguas han sido alteradas por efectos mencionados en cada uno de los puntos anteriores a ella, la falta del flujo natural de agua, el estancamiento de la que todavía corre y los residuos que son arrastrados por pequeñas zanjas y que a su vez por efectos de lluvias y arrastre se asumen llegan al cauce, hizo de esta estación la mas alterada en todos los aspectos, tanto en diversidad como en calidad. Los valores de BMWP se mantuvieron casi de forma constante para los diferentes meses de muestreo (Figura 41).

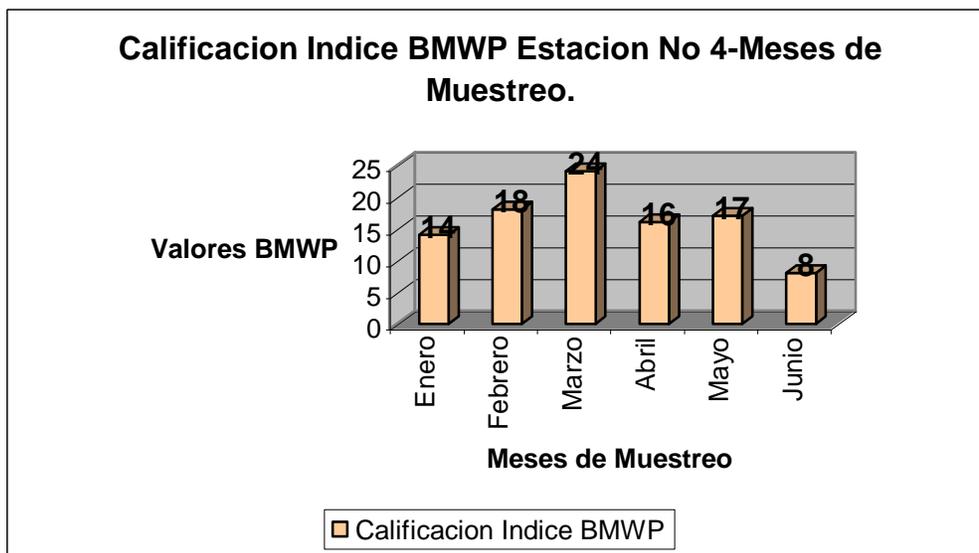


Figura 41. Variación del índice de Calidad BMWP estación No 4 periodo de estudio, enero a junio de 2003.

De acuerdo con los resultados anteriores se puede concluir que la calidad en las dos primeras estaciones es igual, correspondiendo a aguas muy limpias, los cambios se dan desde la estación No 3 disminuyendo el rango de calidad a aguas limpias y a su vez a muy contaminadas para la estación No 4, en la que los cambios evidenciaron las malas condiciones de esta ultima. Se destaca el hecho de que a lo largo de cada una de las estaciones de muestreo, la calidad

de agua disminuye; esto como consecuencia de las cargas contaminantes a lo largo de las mismas.

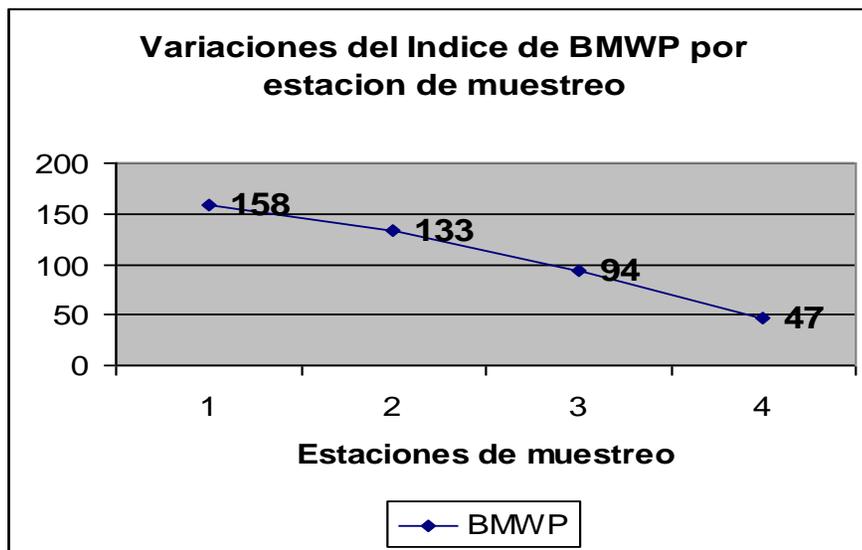


Figura 42. Variación del índice de Calidad BMWP por estación de muestreo. Periodo de estudio, enero a junio de 2003.

8.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Los valores de los parámetros fisicoquímicos hídricos obtenidos durante el periodo de estudio comprendido entre enero y junio de 2003, tanto en las jornadas de campo como de laboratorio, se registran por meses de monitoreo, en cada una de las estaciones de muestreo y se relacionan en las tablas 11,12,13 y 14.

Dentro de la caracterización fisicoquímica se incluyeron parámetros *IN SITU* como. Temperatura ambiente, temperatura hídrica, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, pH, salinidad y conductividad.

En el laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca, se determinaron parámetros como CO₂, Nitritos, amonio, acidez y alcalinidad.

Tabla 11. Registro parámetros fisicoquímicos estación No 1, durante el periodo de estudio enero a septiembre de 2003.

PARÁMETROS	ENERO	FEBRERO	MAYO	SEPTIEMBRE
Temperatura Ambiente °C	16	16.5	14.9	19
Temperatura Hídrica °C	13.8	4.9	15.6	16
Oxígeno Disuelto mg/l	6.9	6.0	7.1	9.5
CO ₂ mg/l	2.5	2.0	2.0	1.5
Saturación Oxígeno %	65	60	73	95
pH (Unidades)	7.17	7.96	7.81	8.6
Salinidad	0	0	0	0
Conductividad μs/cm	106	162	185	195
Dureza Total mg/l CaCO ₃	187.5	67.64		
Nitritos mg/l		0.02		
Nitratos mg/l		90		
amónio mg/l		0.2		
Acidez		9.0		
Alcalinidad mg/l ⁻¹ CaCO ₃		3.0		

Fuente: propia del estudio

Tabla 12. Registro parámetros fisicoquímicos estación No 2, durante el periodo de estudio enero a septiembre de 2003.

PARÁMETROS	ENERO	FEBRERO	MAYO	SEPTIEMBRE
Temperatura Ambiente °C	18	18.3	16.3	20.1
Temperatura Hídrica °C	16	16.3	16.6	16.5
Oxígeno Disuelto mg/l	5.5	7.4	7.8	9.6
Saturación Oxígeno %	59	78	76	99
CO ₂ mg/l	2.0	2.0	2.0	1.0

pH (Unidades)	7.3	7.92	7.4	8.2
Salinidad	0	0.1	0.1	0.1
Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$	180	200	2	315
Dureza Total mg/l CaCO_3		78.32		
Nitritos mg/l		0.03		
Nitratos mg/l		90		
amónio mg/l		0.3		
Acidez		4.5		
Alcalinidad $\text{mg}/\text{l}^{-1} \text{CaCO}_3$		12.0		

Tabla 13. Registro parámetros fisicoquímicos estación No 3, durante el periodo de estudio enero a septiembre de 2003.

PARÁMETROS	ENERO	FEBRERO	MAYO	SEPTIEMBRE
Temperatura Ambiente °C	17.9	19.1	17.5	18
Temperatura Hídrica ° C	15.9	16.9	16.6	15
Oxígeno Disuelto mg/l	6.6	6.4	7.5	9.2
Saturación Oxígeno %	70	68	79	90
CO_2 mg/l	2.5	2.3	2.5	1.75
pH (Unidades)	7.3	7.72	7.5	8.3
Salinidad	0	0	0	0
Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$ 178	310	303	330	
Dureza Total mg/l CaCO_3	13.92	78.32		
Nitritos mg/l	0.03	0.03		
Nitratos mg/l	115	90		
amónio mg/l	0.3	0.3		
Acidez		3.0		
Alcalinidad $\text{mg}/\text{l}^{-1} \text{CaCO}_3$		10.0		

Fuente: propia del estudio

Tabla 14. Registro parámetros fisicoquímicos estación No 4, durante el periodo de estudio Enero a Septiembre de 2003.

PARÁMETROS	ENERO	FEBRERO	MAYO	SEPTIEMBRE
Temperatura Ambiente °C	20	19.7		
Temperatura Hídrica °C	19.2	20.1	18.4	
Oxígeno Disuelto mg/l	79	5.6	7.6	
Saturación Oxígeno %	85	63	85	
CO_2	2.25	2.3	2.5	4.0

pH (Unidades)	7.16	7.34
Salinidad	0	0
Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$	200	224
Dureza Total mg/l CaCO_3	114.82	113.92
Nitritos mg/L	0.03	0.02
Nitratos mg/L	115	85
amónio mg/L	0.3	0.2
Acidez		4.5
Alcalinidad		20.0

Fuente: propia del estudio

En la tabla 15 se relacionan los equipos y los métodos utilizados para la determinación de los parámetros mencionados.

Tabla 15. Equipos y métodos empleados en la medición de los parámetros Físicoquímicos.

PARAMETROS <i>IN SITU</i>	PARAMETROS FISCOQUIMICOS EQUIPOS
Temperatura Ambiente °C	WTW Conductímetro
Temperatura Hídrica °C	WTW Conductímetro
Oxígeno Disuelto mg/l	Oxigenómetro
pH(Unidades)	pH-Metro
Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$	WTW Conductímetro
Salinidad	WTW Conductímetro
Geoposición	G.P.S

Fuente: propia del estudio

Tabla 16. Parámetros Y Métodos De Laboratorio.

PARAMETROS DE LABORATORIO	METODOS UTILIZADOS
CO ₂	
Nitritos mg/l	Método Brucina Colorimétrico
Nitratos mg/l	Método Brucina Colorimétrico
amónio mg/l	Método Nessler, Colorimétrico

Fuente: propia del estudio

8.4.1 Temperatura (°C). El aspecto térmico en un ecosistema acuático incide en la densidad del agua, la solubilidad de los gases, reacciones químicas y es la juega un papel fundamental en todos los procesos biológicos ³⁶.

La temperatura ambiente registró valores promedios por estación de la siguiente manera: Estación No 1= 16.6° C (14.9°C mínima- 19°C máxima); Estación No 2= 18.18° C (16.3 °C mínima- 20.1°C máxima); Estación No 3=18.12°C (17.5 °C mínima- 19.1°C máxima);y Estación No 4= 19.8°C(19.2°C mínima- 20.1°C máxima).

La temperatura hídrica registró valores promedios por estación de la siguiente manera: Estación No 1= 15° C (13.8°C mínima- 16°C máxima); Estación No 2= 16°C (16°C mínima- 16.3°C máxima); Estación No 3= 16°C (15°C mínima- 16.9°C máxima); y la Estación No 4= 19°C (19.2°C mínima- 20.1°C máxima).

En algunos casos la temperatura disminuye en función de la profundidad, en este caso la temperatura mas baja la presenta la estación 1 ya que estas son aguas un poco mas profundas y se encuentran a mayor altura (2.649msnm); la estación 2 y 3, presentan iguales temperaturas debido a la poca profundidad y a la mezcla que se da con las termales de aguas tibias en este punto; la estación 4, presenta la temperatura mas alta debido a la escasa cantidad de agua y por ser esta la estación en la que la penetración lumínica se da de forma mas directa, debido a la falta de cobertura vegetal.

En los registros obtenidos para temperatura ambiente, el valor mas bajo corresponde a la Estación 1 con 16.6°C en el mes de enero, y el mas alto a la estación 4 con 19.8°C en el mes de septiembre, mientras que la temperatura hídrica los valores variaron entre 15 y 19°C , situación que parece contradictoria pues la temperatura mas baja, corresponde a un mes de sequía y la mas alta se

³⁶ ROLDAN, Op,cit.. p 22

registró en periodo de lluvias, la explicación a este caso radica en la hora de la medición del parámetro.

Tanto la temperatura ambiental como la del agua, variaron en función de los periodos pluviométricos, ambas mostraron una relación directa, donde la temperatura ambiente fué mayor que la temperatura hídrica teniendo en cuenta que la toma de muestras siempre se realizó a tempranas horas (7: 30-9:00 am) de la mañana.

8.4.2 Oxígeno disuelto (O₂D). Este es el tipo de oxígeno que utilizan la flora y la fauna acuática para la respiración. En las aguas naturales las concentraciones de oxígeno disuelto están variando permanentemente, debido a lo procesos físicos, químicos y biológicos que se dan continuamente. La solubilidad del oxígeno en el agua aumenta a medida que disminuye la temperatura.³⁷

La tendencia de la concentración de O₂ en la estación 1= 6.4 mg/L, (6.0-6.9 mg/L), estación 2= 6.4 mg/L(5.5-7.4 mg/L) , estación 3= 6.5 mg/L (6.4-6.6 mg/L) y la estación 4=6.7 mg/L (5.6-7.9 mg/L) en la época de verano, mientras que en temporada de invierno los valores fueron: estación 1= 8.3 mg/L, (7.1-9.5mg/L) ,estación 2= 8.7mg/L (7.8-9.6 mg/L) , estación 3= 8.3 mg/L (7.9-8.3 mg/L) y la estación 4 =7.6 mg/L.

Los valores de oxígeno disuelto se incrementaron notablemente en época de lluvia , de igual manera y en relación directa el porcentaje de saturación de oxígeno, que registra valores para la estación 1 = 62 (65-60) a 84% (73-95) , la estación 2,= 68 (59-78) a 87% (76-99), estación 3 = 69 (70-68) a 84% (85-63) y Estación 4= 74(85-63) a 85% para épocas de verano e invierno respectivamente. El aumento en estos dos parámetros se da debido a los efecto de la época, tales como aumento tanto de la precipitación como del caudal y a su vez de la velocidad de la corriente, ocasionando de esta manera un mayor intercambio de oxígeno entre el río y el medio atmosférico.

En todos los casos el porcentaje de saturación de oxígeno se encuentra por encima del mínimo óptimo (80%) para el desarrollo de la biota acuática .

8.4.3 Gas Carbónico Disuelto (Co₂). La presencia de este gas está directamente relacionada con el pH debido a la degradación de materia orgánica, respiración vegetal, animal o por lluvias.³⁸

³⁷ RODIER, J. Análisis de las aguas: Naturales, aguas residuales, agua de mar. Editorial Omega, Barcelona España 1997

³⁸ Ibid

Los valores registrados en la estación 1 fue de 2 mg/L (2.0-2.5 mg/L) en época de verano, indicando que se están dando procesos normales y no limitantes para el desarrollo de la biota; en época de invierno el valor bajo a 1.5 mg/L (2.0-1.5 mg/L), tal disminución, concuerda con la elevación de oxígeno para esta época. La estación 2 registro un valor promedio de 2 mg/L en verano, en invierno este valor tendió a disminuir a 1.5 mg/L (1.0-2.0 mg/L), época en la que el oxígeno tendía a aumentar. En la estación 3, tanto en verano como en invierno los valores de Co₂ fueron de 2 mg/L (2.5-2.3 mg/L), esto radica en que gran parte del oxígeno que se está produciendo, se está consumiendo, teniendo en cuenta los altos porcentajes de saturación de oxígeno para cada estación y cada época. En la estación 4, se da el caso que en verano los valores son de 2.5 mg/L (2.25-2.3 mg/L) y en invierno tanto el oxígeno como el CO₂ aumentan.

8.4.4 pH, Acidez Total y Alcalinidad Total. Los valores de pH en las aguas naturales, varían en función de : estado trófico del sistema, concentración del gas carbónico (CO₂); presencia de iones que determinan alcalinidad; acidez mineral; factores edáficos; presencia y de ácidos orgánicos en la columna de agua ³⁹.

Los valores registrados para pH en cada una de las estaciones se dio así: estación 1= 7.6 (7.1-8.6), Estación 2= 7.6 (7.3-8.2), Estación 3= 7.5 (7.3-8.3), Estación 4= 7.2 (7.1-7.3), y estación 1= 8.2 (7.81-8.6), Estación 2= 7.8

(7.4-8.2), Estación 3= 7.9 (7.5-8.3); para épocas de verano e invierno respectivamente.

Los valores de pH para todos los casos se encuentran dentro del rango fisiológicamente óptimo (7.0-7.4) para el desarrollo de la biota acuática. En este caso y en términos de acidez, esta marcada fundamentalmente por la incidencia del gas carbónico, lo que establece el buen funcionamiento del sistema de regulación buffer producto de la respiración y la degradación de la materia orgánica.

8.4.5 Conductividad. En aguas naturales sirve para medir la cantidad de iones, y para tener una idea muy aproximada a la realidad, acerca del funcionamiento de un ecosistema, actividad iónica, diversidad biótica, descomposición de materia orgánica, altas diversidades de especies corresponden a menudo a baja conductividad y viceversa⁴⁰.

Los valores promedio registrados para la conductividad en la Estación 1= 134 (106-162), Estación 2= 190 (180-200), Estación 3= 244 (178-310), Estación 4= 212 (200-224); Estación 1= 190 (185-195), Estación 2= 287.5 (260-315), Estación 3= 316.5 (303-330), para verano e invierno respectivamente. En el caso de las estaciones 1 y 2 en época de verano, se halla dentro del rango de aguas de naturaleza tróficas, al igual que la estación 1 para la época de invierno, las demás estaciones muestran que el sistema tiende a ser mesotróficas.

Se realizó una muestra compuesta de otros parámetros tales como nitritos, nitratos, amonio, para establecer la tendencia del sistema durante los meses de muestreo de la siguiente manera:

8.4.6 Amonio (NH₄). El ion amonio es muy importante para los productores ya que pueden utilizarlo como fuente de nitrógeno durante la síntesis de proteínas. Bajo el punto de vista de calidad de agua, se encuentra en bajas concentraciones en medios aeróbicos; altas concentraciones de amonio pueden tener grandes implicaciones ecológicas ya que su oxidación demanda mucho oxígeno, lo cual va en detrimento de las comunidades acuáticas⁴¹.

Los valores registrados para amonio fueron : Estación 1 =0.2, Estación 2= 0.3, Estación 3= 0.3 y Estación 4= 0.25, para todos los casos, los valores se hallan dentro del rango para el normal desarrollo y distribución de macroinvertebrados acuáticos, siendo limitante valores mayores a 0.5 ml/l.

³⁹ Ibid

⁴⁰ Ibid

⁴¹ VASQUEZ, G. Manual de caracterización fisicoquímica de cuerpos de aguas naturales. Universidad del Cauca.2001

8.4.7 Nitratos (NO₃). Los nitratos constituyen el ultimo estado de oxidación del nitrógeno y es la forma como lo utilizan directamente las plantas y algas para sintetizar proteínas. De esta manera se cierra el ciclo del nitrógeno, el cual es el punto de partida para iniciarse de nuevo todo el proceso de nitrificación ⁴²

Los valores registrados para cada estación fueron así: Estación 1= 90, Estación 2= 90, Estación 3= 115, Estación 4=115. En este caso todos los valores se hallan por encima de los rangos normales (60-90) tales valores pueden deberse a abonos químicos que son generalmente la causa principal de las contaminaciones de aguas superficiales, pero los nitratos pueden provenir en particular de las aguas residuales industriales, ganadería, pastoreo, descargas domesticas y aguas lluvias.

8.4.8 Nitrítos (NO₂). Los nitrítos se encuentran se encuentran en bajas concentraciones en medios donde el porcentaje de saturación de oxigeno es alto, pero en medios donde las condiciones tienden a ser anaeróbicas, los valores de nitrítos tienden a aumentar considerablemente, en este caso los valores registrados para cada estación fueron así: Estación 1= 0.02, Estación 2= 0.03, Estación 3= 0.03, Estación 4= 0.2, las bajas concentraciones de oxigeno se relacionan con los altos porcentajes de saturación de oxigeno registrados en las diferentes estaciones de muestreo y en las diferentes épocas,

encontrándose estos dentro del rango mínimo óptimo para el desarrollo de la biota acuática (menor a 0.5) ⁴³

8.4.9 Dureza Total. Este parámetro esta asociado con la presencia de iones de calcio(Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}), que son los catiónes mas abundantes en las aguas continentales y se combinan principalmente con carbonatos y bicarbonatos.⁴⁴

Los valores registrados para cada estación fueron así: Estación 1= 128mg de carbonato de Ca/l (67.64-187.5), Estación 2 = 78.32 de carbonato de Ca/l, Estación 3= 96.12 de carbonato de Ca/l (113.92-78.32), Estación 4= 115 de carbonato de Ca/l (114.82-113.92) para época de verano.

Según estos valores se categorizan como aguas semiduras, y en términos de productividad, como aguas muy productivas, siendo la estación 1 la que mas concentración de calcio presenta, y la estación 4 de forma contradictoria ya que esta zona es mas afectada por diferentes razones: descargas de tipo antrópico y es además la estación en la que existe menor diversidad de biota acuática.

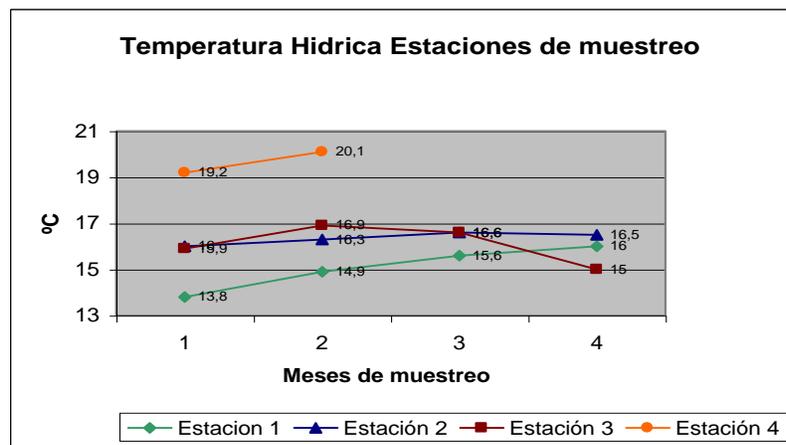


Figura 43 Temperatura Hídrica Estaciones- meses de muestreo

⁴² Ibid
⁴³ Ibid
⁴⁴ Ibid

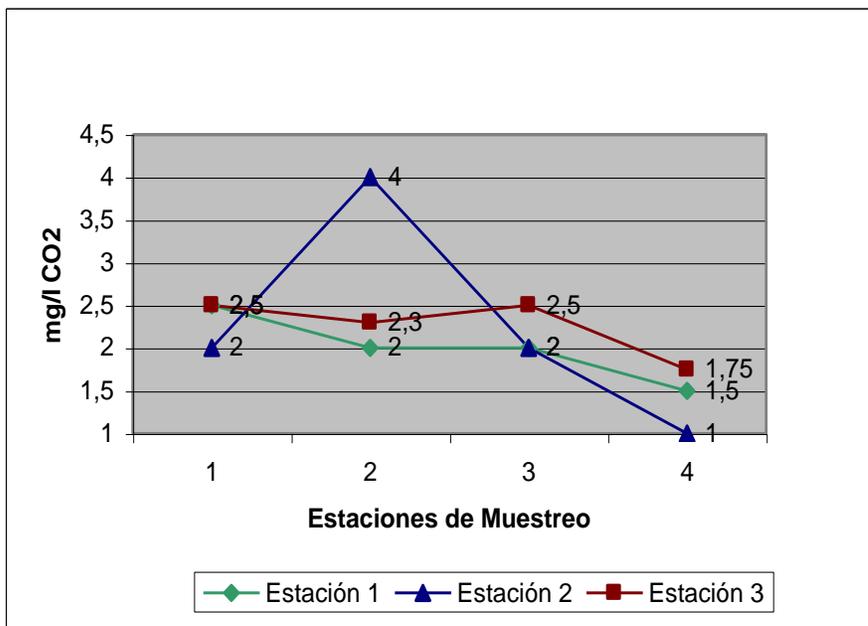


Figura 44 CO₂ Estaciones- meses de muestreo

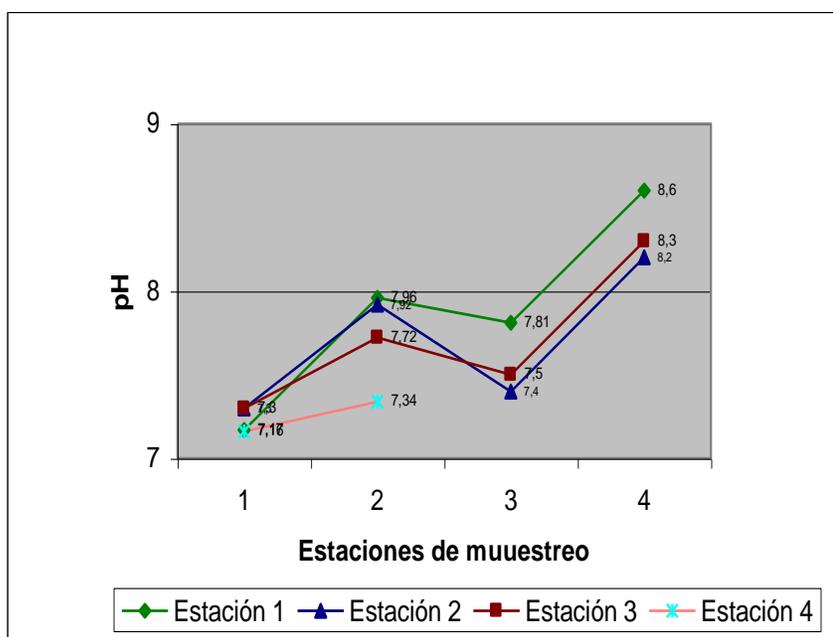


Figura 45 pH Estaciones- meses de muestreo

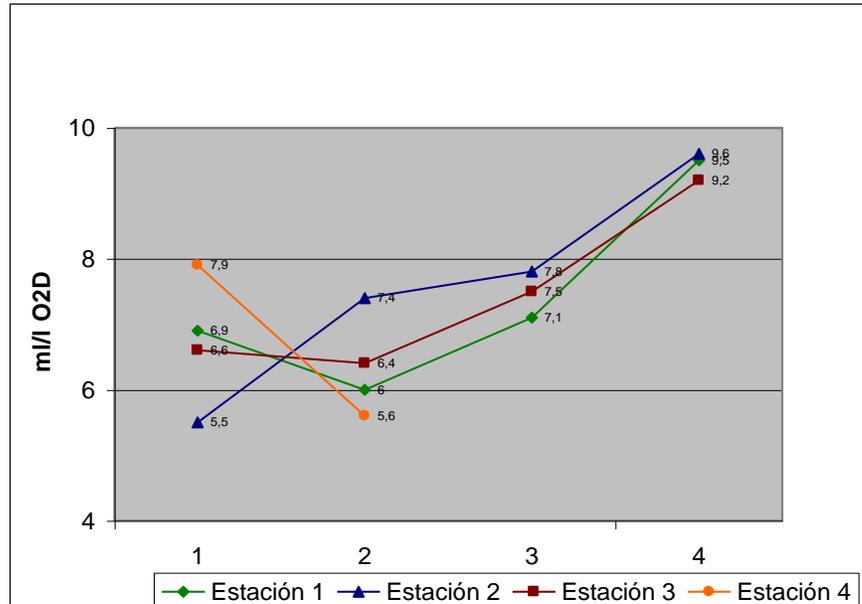


Figura 46 Oxígeno Disuelto Estaciones - Meses de Muestreo

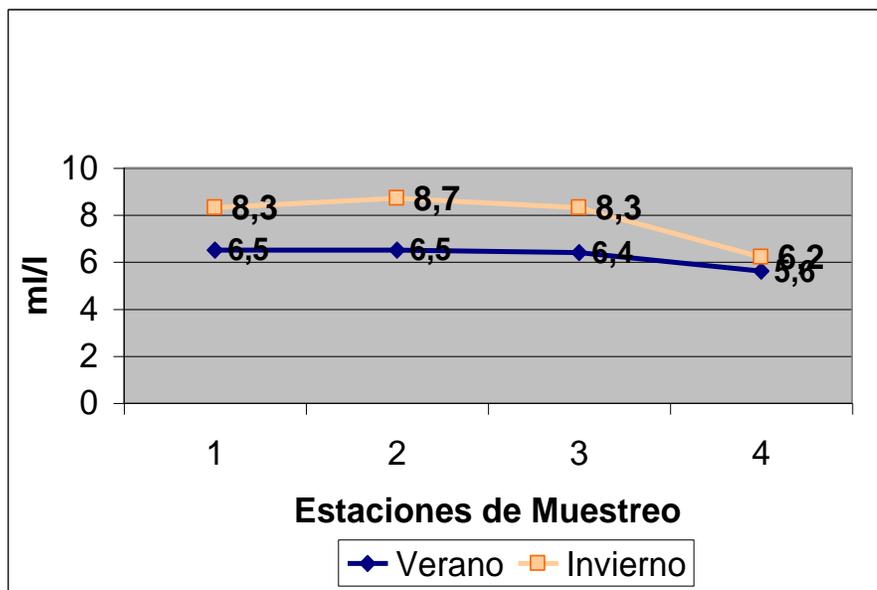


Figura 47 Oxígeno Disuelto río grande, Epoca -Estación

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de obtenidos se trabajaron bajo el programa estadístico SPSS, se comprobó inicialmente si los datos se adaptan a estadísticas paramétricas. De acuerdo a los resultados arrojados mediante esta prueba se acudió a análisis no paramétricos utilizando la prueba de Krustall Wallis.

Se calcularon los coeficientes de correlación entre cada uno de las variables y para cada zona en particular. En cuanto al numero total de macroinvertebrados, los datos no se acomodan a la distribución normal $p < 0.000$ tanto para verano como para invierno; las variaciones no cumplen con las asociaciones de homogeneidad de varianza $P (0.46)$.

Para estaciones cumple con asociaciones de normalidad pero no con homogeneidad de varianza y significancia estadística (p)

La diferencia entre el numero de macroinvertebrados y las diferentes épocas no es significativa; mientras que el numero de individuos varia de estación a estación de manera significativa.

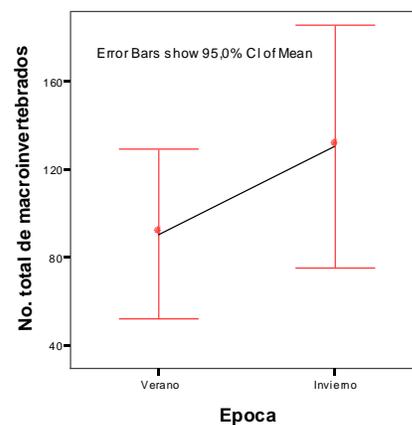
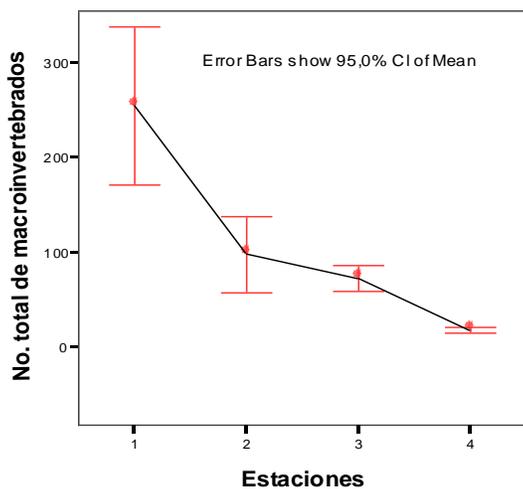


Figura 48 N° de MAE estaciones de muestreo **Figura 49.** MAE épocas de muestreo

Se aplico la prueba de comparaciones múltiples de Bomferroni y se logro establecer que en la estación No 1 fue donde se hallo mayor numero de macroinvertebrados y mayor numero de géneros siendo esta diferente a las estaciones 2, 3 y 4. La estación No 2 y 3 tiene un promedio igual de individuos considerando a estas estaciones como iguales y resultando la estación No 4 la de menor población de macroinvertebrados acuáticos.

Como no fue posible aplicar pruebas paramétricas para identificar la posible interacción entre los factores época-estación, se recurrió a un análisis gráfico; en la figura No 38 se observa claramente que tanto en verano como en invierno el numero de individuos disminuye progresivamente de estación a estación.

Se concluye finalmente que el numero de individuos disminuye independientemente de la época, verano-invierno y que aunque la cantidad de estos es mayor en invierno (Figura 36-37) la diferencia no se considera significativa.

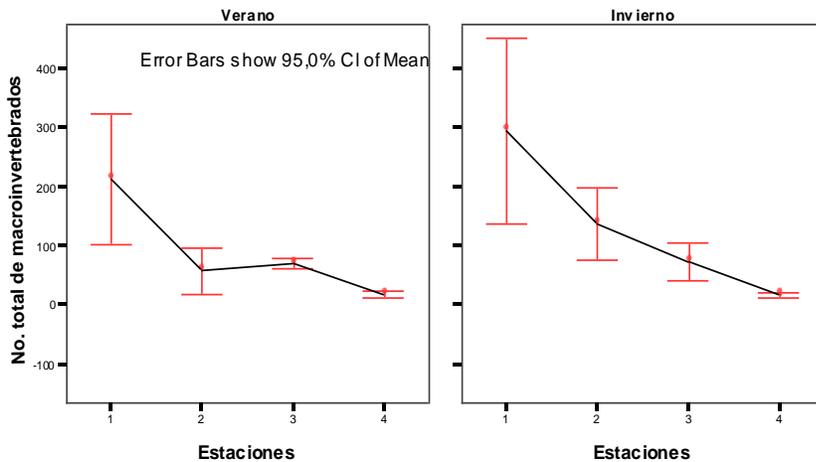


Figura 50. Número de MAE por estación y épocas de muestreo

10. ANALISIS- MATRICES

Las matrices trabajadas son Escala y Peso, las cuales posibilitaron la selección de las variables más significativas, que afectan las diferentes estaciones de muestreo a nivel ambiental y que a su vez se relacionan tanto con la calidad del agua del río, como con la de las comunidades bentónicas que allí habitan.

La matriz de Influencias- Dependencias, se trabajó de forma mas especifica, fundamentados en las variables seleccionadas en escala y peso, analizando cuales de estas inciden directamente en las alteraciones que se dan durante las diferentes estaciones de muestreo a lo largo del río Grande.

✓ **Matriz de escala y peso.** La matriz de escala peso se trabajó como pauta , para la elección de los indicadores mas significativos, sobre las cuales se trabajaría a influencias dependencias, resultando los siguientes:

- Canalizaciones
- Erosión del Cauce
- Aumento Sedimentos
- Aumento Sedimentos
- Erosión De Taludes
- Alteración Velocidad del agua
- Vertimientos Domésticos
- Actividades Agrícolas
- Alteración Procesos Infiltración.
- Profundidad. Columna H2o

- Actividades. Pecuarias
- Alteración de la Cobertura
- Estructura de la comunidad bentónica

10.1 MATRIZ INFLUENCIAS DEPENDENCIAS.

Los indicadores tenidos en cuenta se consideran las mas significativas en cuanto al nivel de afectación que estos puedan tener sobre el sistema hídrico a lo largo de las cuatro estaciones seleccionadas para el de muestreo, a nivel biológico, fisicoquímico y desde el punto de vista ambiental. (Figura 51)

La matriz califica cada indicador según su grado de importancia, la influencia y la dependencia que cada una de estas tenga sobre las demás; la representación y la interpretación de estos valores se gráfica sobre un plano cartesiano, en el que cada cuadrante tiene un significado diferente así (Figura 52).

Cuadrante I: Son variables de mucha influencia y poca dependencia.

Cuadrante II : Variables de gran influencia y gran dependencia sobre el sistema.

Cuadrante III : Variables que influyen directamente sobre el sistema y resultan de difícil manejo, debido a su alto grado de dependencia.

Cuadrante IV : Variables con poca influencia, poca dependencia, que no afectan ni son afectadas de manera significativa.

Para este caso en particular, las variables tenidas en cuenta, que presentaron valores mas altos y significativos son :

Estructura de la comunidad bentónica (10), alteración de sedimentos (9.0), canalizaciones(1.66), erosión de taludes (1.0) y vertimientos domésticos(1.0).

La mayoría de variables a tener en cuenta, se ubican en el cuadrante número IV, es decir, que son variables con poca influencia y poca dependencia,

variables que no afectan ni se ven afectadas de manera significativa entre ellas; aunque cabe mencionar, que en este cuadrante se hallan 2 de las variables de mayor valor, Vertimientos Domésticos y canalizaciones, variables que aunque bajo este análisis no son de gran afectación, resultaron de gran importancia durante el análisis biológico y fisicoquímico.

En el cuadrante número III, se ubican 2 de las variables con mayor valor, estructura de la comunidad bentónica y alteración de sedimentos; es decir que son variables con muchas dependencias y que influyen directamente sobre el sistema, todas las demás variables afectan de forma significativa a estas dos, resultado que se ajusta y complementa a la realidad, tanto visual como de carácter biológico y fisicoquímico, ya que estos aspectos son característicos de la estaciones de muestreo 3y 4, estaciones que han sido sometidas a varias de las variables tenidas en cuenta, tales como, canalizaciones, erosión de cauce y taludes, actividades domesticas, etc.

Desde el punto de vista ambiental, todas y cada una de las variables tenidas en cuenta, representa un factor de estudio y análisis para tratar de determinar si en realidad estas influyen y afecta de forma directa el sistema hídrico, en la zona escogida para el estudio.

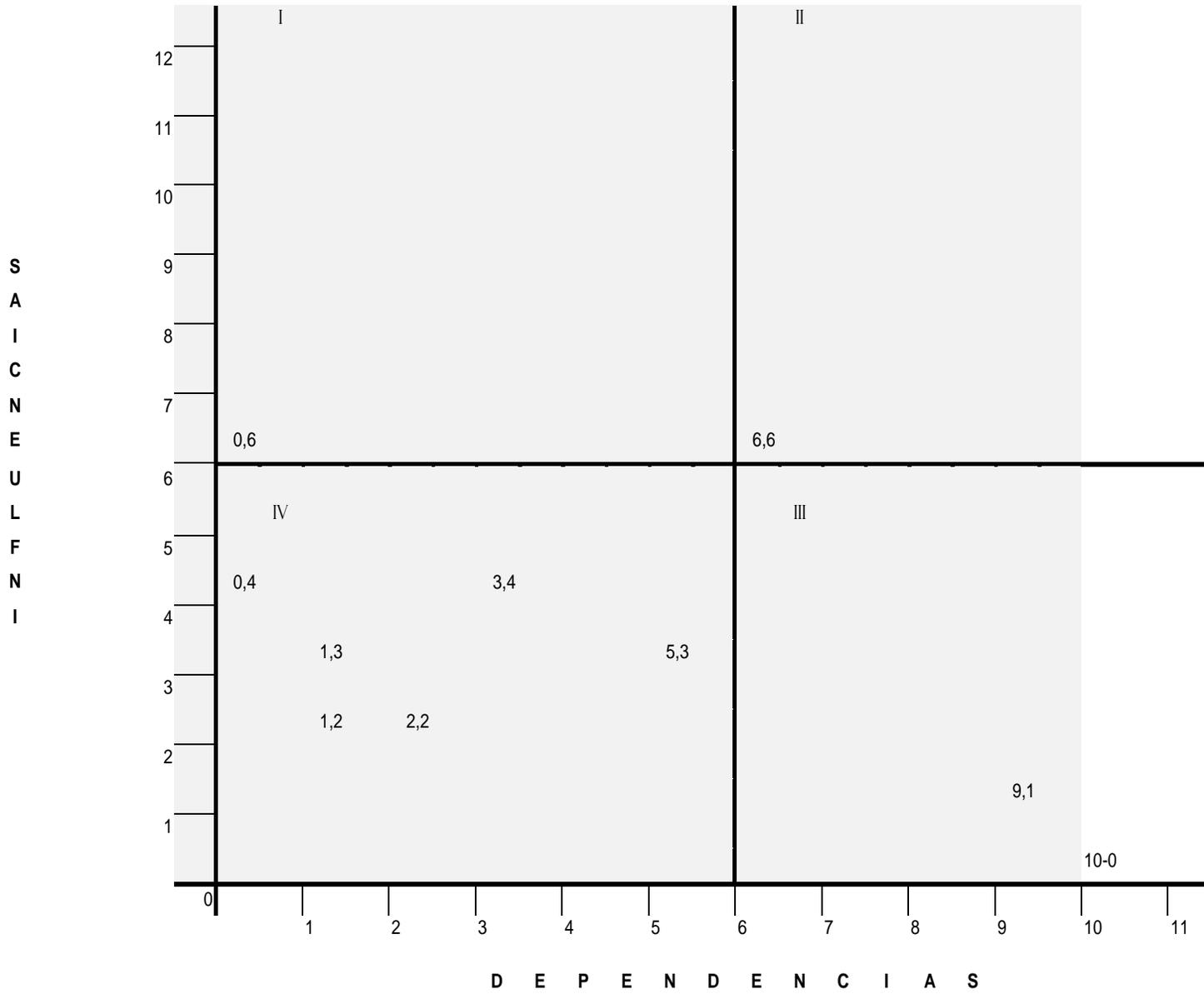
En conclusión, según las matrices de escala y peso y de influencias dependencias, los factores que afectan en mayor cantidad tanto la calidad como las comunidades bentónicas que allí habitan, son la alteración de sedimentos, que a su vez depende de otras variables tenidas en cuenta en la elaboración de la matriz y que interactúan unas en función de otras.

MATRIZ DE INFLUENCIAS DEPENDENCIA	INFLUENCIA	CANALIZACIONES	EROSION DEL CAUCE	Aumento De Sedimentos	EROSIÓN De TALUDES	ALTERACION DE LA VELOCIDAD DEL A	VERTIMIENTOS DOMESTICOS	ACTIVIDADES AGRICOLAS	ALTERACION PROCESOS INFILTRACION	PROFUNDIDAD DE LA COLUMNA AGUA	ACTIVIDADES PECUARIAS	ALTERACION DE LA COBERTURA VEG	ESTRUCTURA DE COMUNIDAD DE MAE	Σ D
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DEPENDENCIA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Canalizaciones	1	X	√	√	√	√			√					5
Erosión del cauce	2		X		√									1
Aumento de Sedimentos	3		√	X	√	√	√	√	√	√	√	√		9
Erosión de Taludes	4	√			X	√		√		√	√	√		6
Alteración en la velocidad de H ₂ O	5	√			√	X				√				3
Vertimientos Domésticos	6						X	√			√			2
Actividades Agrícolas	7							X						0
Alteración Procesos de Infiltración	8								X			√		1
Profundidad de la columna de agua	9	√	√							X	√			3
Actividades Pecuarias	10										X			0
Alteración de la cobertura	11				√			√			√			3
Estructura de la	12	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√		1

comunidad bentónica.														0
ΣI		4	4	1	6	4	2	5	1	4	6	4	0	

Figura 51 Matriz Influencias dependencias

Figura 52 Cuadrante de interpretación, Matriz Influencias dependencias.



11.CONCLUSIONES

- ✓ Los procesos de alteración del río grande, están influenciados principalmente, por las actividades antrópicas desarrolladas a lo largo del recorrido por las diferentes estaciones de muestreo.
- ✓ Se capturaron 5.670 individuos; pertenecientes a 3 Phylum, 12 Ordenes, 27 Familias y 34 Géneros.
- ✓ La estación La estación No1 presentó un total de 3216 individuos ; con una dominancia de los géneros *Lachlania*, *Cyloopus*, *Mortoniella* y *Leptonema*, indicadores de aguas oligotróficas.
- ✓ La estación No 2, presentó un total de 1176 individuos, con una dominancia de los géneros de los Géneros *Mortoniella*, *Atanatolica*, y *Lachlania* , indicadores de aguas oligotróficas.
- ✓ La estación No 3, con 874 individuos, y dominancia de los géneros de los Géneros *Mortoniella*, *Tricorythodes* y *Baetodes*, indicadores de aguas oligotróficas y oligomesotróficas.
- ✓ La estación No 4, presentó un total de 404 individuos, con una dominancia de los géneros de los Géneros *Centrocorisa* e *Hirudinea* (indicadores de aguas oligomesotróficas y eutróficas.
- ✓ Según el índice de calidad BMWP la calidad en las dos primeras estaciones corresponde a aguas muy limpias, los cambios se dan desde la estación No 3 disminuyendo el rango de calidad a aguas medianamente contaminadas y a su vez a contaminadas para la estación No 4 , en la que los cambios

evidenciaron las malas condiciones de esta última. Se destaca el hecho de que a lo largo de cada una de las estaciones de muestreo, la calidad de agua disminuye; esto como consecuencia de las cargas contaminantes a lo largo de las mismas

- ✓ La diversidad en las tres primeras estaciones es mediana al igual que su grado de contaminación en la estación No 4 el cambio es notorio, al ser esta la única que presentó niveles altos de contaminación y baja diversidad de organismos; aunque cabe destacar que a lo largo de cada una de las estaciones de muestreo, la diversidad disminuye; esto como consecuencia de las cargas contaminantes a lo largo de las mismas.

El análisis biológico concluye que las poblaciones de macroinvertebrados se ven afectadas tanto en número como en diversidad a lo largo de recorrido por las diferentes estaciones de muestreo, siendo este cada vez menor .

- ✓ Durante las épocas de lluvia, el número de macroinvertebrados acuáticos se incrementó en todas las estaciones, permaneciendo la presencia de los mismos géneros.
- ✓ Los parámetros Físicoquímicos considerados en el presente estudio no constituyen un factor limitante para el normal desarrollo de la biota acuática.
- ✓ Según las pruebas estadísticas de Kruskal Wallis, el número de individuos disminuye independientemente de la época, verano-invierno, pero si dependen de otros eventos y de la capacidad de adaptación de cada individuo a condiciones continuamente cambiantes de la calidad del agua, y que aunque la cantidad de estos es mayor en invierno la diferencia no se considera significativa.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante la realización de este tipo de estudios durante periodos mas extensos, con el fin de establecer procesos sucesionales y temporales ocurridos a lo largo del sistema.
- ✓ Es necesario adelantar un programa de educación I para sensibilizar a la comunidad, acerca de la problemática actual que presenta algunos tramos del río expuestos a desechos de tipo industrial y domestico, y motivarlos a participar en la recuperación.
- ✓ Continuar desarrollando programas de estudio empleando a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua, teniendo en cuenta su fácil manejo, captura e identificación.
- ✓ Debido a las pocas pruebas fisicoquímicas tomadas durante el periodo de estudio, se recomienda un monitoreo de las mismas de forma periódica y por mas tiempo, además de considerar otras variables como DBO y DQO.
- ✓ Es importante, complementar este tipo de estudios con otras matrices de evaluación especificas para identificación de impactos preexistentes por actividades antrópicas.
- ✓ Establecer parámetros de control, que informen los beneficios y también las consecuencias de la alteración del flujo normal de cuerpos de agua natural y el efecto que causan sobre las diferentes comunidades que habitan en ellos y la función que cumplen estas sobre otros seres vivos.

BIBLIOGRAFIA

ALZATE, C. Estudio biofísico integrado de la microcuenca quebrada la Lajita. Cajete, departamento del Cauca. 2002.

ARMITAGE, P.D.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* 17: 33- 347. 1983

ATLAS MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE, Preservación de la Naturaleza. Edita Cultural, S.A. 1993, Madrid España.

BOHORQUEZ A., ARDILA J., y FRANCO L. A. Contribución al estudio inmológico por bioindicación con macroinvertebrados bentónicos en aguas continentales de Colombia. Fase I, río Bogotá. En: *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. Vol. 7, no. 1-2 (Dic. 1993); p. 56-59.

CAMPO, T. VIDAL, L. Caracterización fisicoquímica y de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Timbío en el departamento del Cauca. Popayán, 1997.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL del CAUCA C.R.C. Plan de Ordenamiento Territorial POT, 2000.

CHICANGANA PIAMBA, María Fenita. Contaminación del río Timbío con base a las características fisicoquímicas y biológicas y su efecto ambiental. (zona urbana del municipio, 1988)

FERNANDEZ, E, CASTRO, J; Niveles de alteración del río Blanco (altiplano de Popayán) Con base en sus características fisicoquímicas y comunidades Bénticas. Popayán, 1996: Universidad del Cauca.

FIGUEROA Casas, A; CONTRERAS Rengifo, R; SÁNCHEZ Díaz, J. Evaluación de impacto ambiental un instrumento para el desarrollo. Cali. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. 1998. p. 125 – 134

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas técnicas Colombianas sobre documentación: Presentación y elaboración de tesis de grado y trabajos científicos. Santa Fe de Bogotá: ICONTEC, 2004.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, Popayán.
Diccionario Geográfico de Colombia. Popayán: IGAC, 1992 Tomo IV

HELLAWEL, J.M. Biological indicators of freshwater pollution on environmental management, Elsevier London, 1986.

MARGALEF, R. Ecología. Ediciones Omega, S.A , Barcelona, España 1974.

ORTEGA, PÉREZ. Caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada la puerquera, en época de cosecha y postcosecha de café en el municipio de Morales departamento del Cauca. 2000

Prat, N., I. Muñoz., G. Gonzalez., & X. Millet, 1986. Comparación crítica de dos índices de calidad de aguas: ISQUA y BIL. Tecnología del Agua. 31: 33-49.

Prat, N. & J.V. Ward, 1994. The tamed river. In: Margalef; R. Limnology now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V.

Prat, N, 1998. Bioindicadores de calidad de aguas. En: Manuscritos Curso Biondicadores de calidad de Agua. Universidad de Antioquia, Medellín.

RODIER, J. Análisis de las aguas: Naturales, Residuales, Agua de mar. Ediciones Omega S.A. Casanova, 220-Barcelona España 1997.

ROLDAN PEREZ , G. Fundamentos de la Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia. 1992

ROLDAN PEREZ , G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. 2003

ROSENBERG, D. and RESH, V.H. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, Chapman and Hall. 1992

Unidad Regional de Planeamiento Agrícola, URPA, de la Secretaría de Agricultura del departamento del Cauca, (1987)

VASQUEZ,G. ZAMORA, H. Caracterización fisicoquímica de los principales ríos del Norte y Centro Departamento del Cauca. Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Popayán, Colombia 1998.

ZAMORA, H Y COLT. Niveles de contaminación del Río Molino producido por el vertimiento de aguas de uso domestico y sanitario. Universidad del Cauca. Departamento de Biología, Popayán, Colombia,1981.

ZAMORA, H., Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. Universidad del Cauca, departamento de Biología. Popayán, (1995).

ZAMORA, H. Aspectos bioecológicos de las comunidades de Macroinvertebrados dulceacuícolas en el Departamento del Cauca. En: Unicauca-Ciencia. Vol. 1 (mar. 1996); p. 1-11.

ZAMORA, H., Macroinvertebrados dulceacuícolas en los diferentes pisos altitudinales en el departamento del Cauca. Colciencias - Universidad del Cauca. Departamento de Biología. Popayán, (1992).

ANEXO 1 DATOS DE CAMPO

ENERO 4 DE 2003

ESTACION No 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H	
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	sp	2	5	0.05	
			Blepharoceridae	Limonicola.	sp	3	10	0.05	
			Tipulidae	Tipula		2	4	0.05	
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		79	9	0.35	
			Tricorythidae	Leptohyphes		30	7	0.23	
			Elmidae	Cylloepus		27	7	0.22	
		Coleoptera	Elmidae	macrelmis		4	7	0.05	
			Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis		30	6	0.23
			Leptoceridae	Atanatolica		25	3	0.21	
		Pléoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		76	10	0.35	
			Perlidae	Anacroneuria		5	10	0.08	
			Lepidoptera	Pyralidae	Petrophyla		2	6	0.05
		TOTAL	Amphipoda		Hyalela		7	8	0.08
							292	95	2

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H		
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		1	5	0.07		
			Blepharoceridae	Limonicola.		2	10	0.13		
			Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		14	9	0.35	
		Coleoptera	Baetidae	Baetodes		9	6	0.30		
			Ptilodactylidae	Anchytarsus		2	8	0.13		
			Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		19	10	0.38	
		Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		3	2	0.17
					TOTAL			53	60	1.7

Calidad- BMWP : DUDOSA , Aguas contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACIÓN 3:

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		17	10	0.34
				Leptonema		6	10	0.20
				Helicopsyche		4	10	0.15
		Diptera	Tabanidae	Tabanus		6	5	0.20
			Blepharoceridae	Limonicola.		9	10	0.25
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes		11	6	0.29
			Tricorythidae	Tricorythodes		5	7	0.19
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		15	2	0.33
Total						73	60	1.95

Calidad- BMWP : DUDOSA , Aguas contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Mollusca	Gastropoda	Basomatophora	Physidae	Physa		7	2	0.34
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		4	5	0.27
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		14	4	
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			8	2	0.35
	Hirudinea	Hirudiformes				11	2	0.38
Total						44	15	1.34

Calidad- BMWP : MUY CRITICA , Aguas fuertemente contaminadas.

Diversidad- H' : BAJA

ENERO 18 2003

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		47	9	0.36
			Tricorythidae	Leptohyphes		14	7	0.25
			Baetidae	Baetodes		25	6	0.33
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		2	10	0.09
		Coleoptera	Psephenidae	Pshenops		1	9	0.03
		Trichoptera	Hidrobiosidae	Leptonema		7	9	0.17
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola		12	10	0.23
		Lepidoptera	Pyralidae	Petrophyla		2	2	0.08
Mollusca	Gastropoda	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalela		9	9	0.08
		TOTAL				119	71	1.76

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION No2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		16	9	0.36
			Baetidae	Baetodes		11	6	0.32
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		9	3	0.29
			Glossosomatidae	Mortoniella			10	0.33
			Helicosychidae	Helicopsyche		4	8	0.19
		Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		3	8	0.15
			Elmidae	Cylloepus		1	7	0.08
		TOTAL				56	54	1.72

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		6	6	0.23
			Glossosomatidae	Mortoniella		13	10	0.34
			Helicosychidae	Helicopsyche		4	8	0.19
			Hidrobiosidae	leptonema		7	10	0.25
		Diptera	Tabanidae	Tabanus		3	5	0.15
			Blepharoceridae	Limonicola.		5	10	0.22
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		5	7	0.22
Mollusca	Gastropoda	Basomatophora	Physidae	Physa		14	2	0.35
		TOTAL				57	58	1.95

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION 4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		7	10	0.35
		Díptera	Tabanidae	Tabanus		2	5	0.27
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		17	4	
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes				6	2	0.37
		TOTAL				32	21	0.99

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas muy contaminadas.

Diversidad- H' : BAJA

FEBRERO 1 DE 2003

ESTACION No 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Díptera	Tabanidae	Tabanus	sp	2	5	0.04
			Blepharoceridae	Limonicola.	sp	3	10	0.04
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		144	9	0.37
			Baetidae	Baetis		13	6	0.13
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		41	7	0.23
			Psephenidae	Psephenops		2	9	0.05
		Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis		30	3	0.20
			Leptoceridae	Atanatolica		25	3	0.19
			Glossosomatidae	Mortoniella		44	10	0.25
			hydrosychidae	Atopsyche		5	6	0.05
			Hydropsychidae	Leptonema		33	6	0.22
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		6	10	0.08
Mollusca	Gastropoda	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalela		6	8	0.08
		TOTAL				354	98	1.93

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Díptera	Tabanidae	Tabanus	sp	1	5	0.05
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		28	9	0.34
			Baetidae	Baetodes		20	6	0.30
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		35	10	0.36
			Leptoceridae	Atanatolica		18	6	0.29
			Helicopsychidae	Helicopsyche		3	6	0.11
			Hydropsychidae	Leptonema		4	6	0.10
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		4	10	0.10
		Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		4	8	0.10
			Elmidae	Cylloepus		3	7	0.11
		TOTAL				120	73	1.86

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION No3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		28	10	0.37
			Glossosomatidae	Leptonema		7	10	0.22
			Helicopsychidae	Helicopsyche		7	8	0.22
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola		7	10	0.15
			Tabanidae	Tabanus		4	5	0.15
		Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes		4	7	0.27
		Gastropoda	Physidae	Physa		10	2	0.24
TOTAL						75	50	1.84

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	physa		3	2	0.32
		Amphipoda	Hyalellidae	Hyalala		2	8	0.27
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		5	10	0.37
		Diptera	Tabanidae	Tabanus		2	5	0.27
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		21	4	
Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			3	2	0.32
TOTAL						36	31	1.55

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas muy contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

FEBRERO 15/03

ESTACION No 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	Limonicola		2	10	0.04
			Tabanidae	Tabanus		4	5	0.08
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		89	9	0.37
			Baetidae	Baetis		25	6	0.22
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		36	7	0.27
			Psephenidae	Psephenops		4	9	0.05
		Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis		21	6	0.20
				Atanatolica		19	6	0.19
			Glossosomatidae	Mortoniella		51	10	0.32
			Hydrobsychidae	Atopsyche		7	6	0.11
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria		5	10	0.08
Mollusca	Gastropoda	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalala		9	8	0.11
		TOTAL				272	92	2.04

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA.

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		2	5	0.08
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes		16	6	0.3
			Oligoneuriidae	Lachlania		23	9	0.36
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		6	6	0.19
			Helicopsychidae	Leptonema		2	6	0.08
			Glossosomatidae	Mortoniella		27	10	0.37
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		3	10	0.13
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		2	7	0.08
		TOTAL				81	59	1.59

Calidad - BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		19	10	0.35
			Helicopsychidae	Leptonema		6	6	0.20
				Helicopsyche		8	6	0.24
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola		9	10	0.25
			Tabanidae	Tabanus		6	5	0.20
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes		11	6	0.29
			Trycorythidae	Trycorythodes		2	7	0.11
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		12	2	0.29
						73	52	1.93

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACIÓN 4.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		3	5	0.33
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		26	4	
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		6	2	0.36
Annelida	Hirudinea	Hirudiformes				5	2	0.37
Total						40	13	1.06

Calidad- BMWP : MUY CRITICA , Aguas fuertemente contaminadas.

Diversidad- H' : BAJA

MARZO 15/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		5	5	0.13
			Psychodidae	Clognia		1	3	0.03
			Blepharoceridae	Limonicola		6	10	0.15
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		26	9	0.32
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		31	7	0.35
			Ptilodactylidae	Anchytarsus		27	8	0.33
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		6	9	0.15
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		7	10	0.15
	Arachnoidea	Acari				9	8	0.19
Mollusca		Amphipoda		Hyalela		11	8	0.22
						129	77	2.02

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	7	9	0.36
			Leptoceridae	Atanatolica	6	3	0.38
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	4	7	0.34
TOTAL					17	19	1.08

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes	19	7	0.39
			Baetidae	Baetodes	24	6	0.36
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	5	3	0.17
			Glossosomatidae	Mortoniella	11	9	0.27
			Hydropsychidae	Leptonema	9	6	0.24
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	4	7	0.15
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	2	8	0.08
		Diptera	Blepharoceridae	Limnicola	4	10	0.15
			Basommatophora	Physidae	Physa	5	2
		Mollusca	Gastropoda				
TOTAL					83	61	1.98

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas fuertemente contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	10	10	0.34
			Diptera	Tabanidae	Tabanus	2	5
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa	11	4	
			Hirudinea	Hirudiformes		5	2
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		2	2	0.24
				Total		30	23

Calidad- BMWP : CRITICA, Aguas muy contaminadas.
Diversidad- H' : BAJA

MARZO 29/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	7	5	0.17
			Psychodidae	Clognia	4	3	0.13
			Blepharoceridae	Limnicola	3	10	0.11
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	16	9	0.28
			Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	26	7
		Ptilodactylidae		Anchytarsus	24	8	0.33
		Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche	5	8	0.13
			Glossosomatidae	Mortoniella	10	10	0.22
		Plecoptera	Perliidae	Anacroneuria	4	10	0.13
			Arachnoidea	Acari		8	8
Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae		7	2	0.17
TOTAL					114	80	2.2

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	10		10	0.36
			Leptoceridae	Atanatolica	8		6	0.37
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	3		7	.027
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes			3		2	
TOTAL					24		25	1

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas muy contaminadas.

Diversidad- H' : Baja

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Trycorythidae	Tricorythodes	22		7	0.36
			Baetidae	Baetodes	16		6	0.33
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	4		6	0.17
			Glossosomatidae	Leptonema	8		10	0.24
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	3		7	0.13
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	4		8	0.17
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	7		10	0.23
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	8		2	0.24
TOTAL					72		56	1.8
								7

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	7		10	0.38
			Leptoceridae	Atanatolica	3		3	0.28
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	1		7	0.15
			Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa	9		4
		Diptera	Tabanidae	Tabanus	1		5	0.15
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	physa	5		2	0.35
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes			3		2	0.28
TOTAL					29		33	1.59

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas muy contaminadas.

Diversidad- H' : Baja

ABRIL 12/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H			
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hidrobiosidae	Atopsyche	11		9	0.11			
			Leptoceridae	Atanatolica	65		6	0.32			
			Glossosomatidae	Mortoniella	12		10	0.13			
			Helicopsychidae	Helicopsyche	6		8	0.08			
			Hydropsychidae	Leptonema	96		6	0.36			
			Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	12		9	0.13		
				Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	47		10	0.28	
			Plecoptera	Psychodidae	Clognia	7		3	0.08		
				Tabanidae	Tabanus	4		5	0.05		
				Perlidae	Anacroneuria	5		10	0.05		
			Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	24		7	0.20		
				Ptilodactylidae	Anchytarsus	19		8	0.17		
			Arachnoidea	Acari				14		8	0.13
								9		2	0.11
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	331		101	2.2			

Calidad- BMWP : BUENA , Aguas Limpias
 Diversidad- H' : Mediana
ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	16	9	0.22
			Tricorythidae	Tricorythodes	26	7	0.29
			Baetidae	Baetodes	9	6	0.15
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	43	6	0.32
			Hydropsychidae	Leptonema	4	6	0.08
			Hidrobiosidae	Atopsyche	13	9	0.20
		Plécoptera	Perlidae	Anacroneuria	1	10	0.03
		Coleoptera	Elmidae	Cyloepus	32	7	0.31
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	27	8	0.29
		Díptera	Blepharoceridae	Clognia	2	10	0.05
TOTAL					173	78	1.94

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
 Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H		
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	24	6	0.36		
			Tricorythidae	Tricorythodes	18	7	0.33		
			Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	4	6	0.15	
		Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	9	6	0.24		
			Glossosomatidae	Mortoniella	17	10	0.02		
			Coleoptera	Elmidae	Cyloepus	2	7	0.08	
		Ptilodactylidae		Anchytarsus	1	8	0.05		
		Díptera	Blepharoceridae	Limonicola	3	10	0.04		
		Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	7	2	0.20
		Total					85	62	1.47

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
 Diversidad- H' : BAJA

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	5	10	0.35
		Coleoptera	Elmidae	Cyloepus	3	7	0.28
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa	6	4	
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	3	2	0.28
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes			2	2	0.23
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		7	2	0.38
TOTAL					26	27	1.52

Calidad- BMWP : CRITICA , Aguas muy contaminadas.
 Diversidad- H' : BAJA

ABRIL 30
ESTACION No 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hidrobiosidae	Atopsyche	9	9	0.11	
			Leptoceridae	Atanatolica	78	6	0.33	
			Leptoceridae	Oecetis	3	6	0.05	
			Glossosomatidae	Mortoniella	10	10	0.11	
			Helicopsychidae	Helicopsyche	8	80	0.09	
			Hydropsychidae	Leptonema	104	6	0.36	
			Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	9	9	0.11
			Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	45	10	0.27
			Psychodidae	Clognia	5	3	0.08	
			Tabanidae	Tabanus	3	5	0.05	
			Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria	4	10	0.05
			Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	18	7	0.15
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	23	8	0.19	
			Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	12
Arachnoidea	Acari			12	8	0.11		
Bivalvia	Basommatophora	Unionidae	Pelecypoda	2		0.04		
Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	4	8	0.05		
TOTAL					349	112	2.26	

Calidad- BMWP : BUENA, Aguas Limpias
Diversidad- H' : Mediana

ESTACION No2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H		
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	13	9	0.17		
			Tricorythidae	Tricorythodes	30	7	0.28		
			Baetidae	Baetodes	11	6	0.15		
			Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	51	6	0.34	
			Hydropsychidae	Leptonema	6	6	0.11		
			Hidrobiosidae	Atopsyche	11	9	0.15		
			Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria	1	10	0.02	
			Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	31	7	0.28	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	36	8	0.30		
			Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	17	10	0.20	
			Psychodidae	Clognia	3	3	0.05		
			Arachnoidea	Acari			2	8	0.04
			Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	2	2	0.04
			TOTAL					214	91

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 3

Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes	23	7	0.32
Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp n	Bmwp	H
			Baetidae	Baetodes	29	6	0.35
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	6	6	0.15
			Hydropsychidae	Leptonema	11	6	0.22
			Glossosomatidae	Mortoniella	32	10	0.36
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	4	7	0.13
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	3	8	0.11
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	2	10	0.08
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa	3	2	0.11
TOTAL					113	62	1.83

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
 Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		3	5	0.34
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes				4	2	0.36
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			6	2	0.36
TOTAL						13	9	1.06

Calidad- BMWP : .MUY CRITICA, Aguas fuertemente contaminadas.
 Diversidad- H' : BAJA

MAYO 10/03

ESTACION No 1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H		
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	sp	4	5	0.05		
			Blepharoceridae	Limonicola.	Sp	6	10	0.05		
			Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		7	9	0.08	
				Baetidae	Moribaetis		1	6	0.01	
				Leptophlebiidae	Thraulodes		9	9	0.08	
				Baetidae	Baetis		13	6	0.11	
			Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		71	7	0.30	
				Ptilodactylidae	Anchytarsus		23	8	0.17	
			Trichoptera	Leptoceridae	Oecetis		45	6	0.24	
				Leptoceridae	Atanatolica		20	6	0.15	
				Glossosomatidae	Mortoniella		44	10	0.24	
				Helicopsychidae	Helicopsyche	B	4	8	0.04	
				Hydropsychidae	Leptonema		150	6	0.38	
				Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		1	10	0.01
			Arachnoidea	Acari			6	8	0.04	
Mollusca	Bivalvia		Pelecypoda	unionidae		1				
	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea		11	2	0.11		
TOTAL						416	116	2.07		

Calidad- BMWP : BUENA, Aguas Limpias.
 Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	sp	14	7	0.23	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus		7	8	0.15	
			Psephenidae	Psephenops		1	9	0.05	
			Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		1	10	0.05
			Ephemeroptera	Baetidae	Baetis		14	6	0.23
				Leptophlebiidae	Thraulodes		36	9	0.35
				Oligoneuriidae	Lachlania		2	9	0.05
			Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		12	6	0.20
				Glossosomatidae	Mortoniella		24	10	0.30
				Hydropsychidae	Leptonema		22	3	0.29
				Diptera	Blepharoceridae	Limonicola.		8	10
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea		1	2	0.05	
TOTAL						142	89	2.12	

Calidad- BMWP : ACEPTABLE, Aguas medianamente contaminadas.
 Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		9	8	0.28
			Psephenidae	Psephenops		1	9	0.08
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		35	10	0.33
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola.		4	10	0.17
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		9	2	0.28
	Arachnoidea	Acari				6	8	0.22
TOTAL						64	47	1.36

Calidad- BMWP : DUDOSA, Aguas contaminadas.

Diversidad- H' : BAJA

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		10	10	0.31
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		22	4	
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes				5	2	0.36
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			2	2	0.25
TOTAL						39	18	0.92

Calidad- BMWP : MUY CRITICA , Aguas fuertemente contaminadas.

Diversidad- H' : BAJA

MAYO 28/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H		
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		10	6	0.08		
			Leptoceridae	Oecetis		17	6	0.13		
			Helicopsyche	Borealis		2	8	0.02		
			Odontoceridae	Marilia		29	10	0.19		
			Glossosomatidae	Mortoniella		15	10	0.13		
			Hydropsychidae	Leptonema		12	6	0.11		
			Hidrobiosidae	Atopsyche		203	9	0.35		
				Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		8	10	0.08
				Ephemeroptera	Lachlania	Lachlania		5	9	0.05
					Leptophlebiidae	Terpides		1	9	0.0.
					Tricorythidae	Tricorythodes		17	7	0.13
				Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	Sp1	8	10	0.08
					Tabanidae	Tabanus		4	5	0.05
				Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		65	7	0.29
					Ptilodactylidae	Anchytarsus		6	8	0.05
	Arachnoidea	Acari			4	8	0.05			
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea		5	2	0.05		
		Amphipoda	Hyaliidae	Hyalela		3	8	0.03		
TOTAL						414	144	1.87		

Calidad- BMWP : MUY BUENA , Aguas muy limpias.

Diversidad- H': MEDIANA

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		9	9	0.17
			Leptophlebiidae	Thraulodes		38	9	0.34
			Tricorythidae	Tricorythodes		6	7	0.13
			Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		25	8
			Psephenidae	Psephenops		2	9	0.03

		Elmidae	Cyloepus	29	7	0.31	
	Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria	2	10	0.03	
	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	9	6	0.17	
		Glossosomatidae	Mortoniella	24	10	0.29	
		Hydropsychidae	Leptonema	11	6	0.19	
	Díptera	Blepharoceridae	Limonicola	Sp2	2	10	0.03
		Tabanidae	Tabanus	1	5	0.03	
	Arachnoidea	Acari		1	8	0.03	
TOTAL				15	104	2.6	
				9		5	

Calidad- BMWP : BUENA , Aguas limpias..

Diversidad - H' Mediana.

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes		34	7	0.27
			Baetidae	Baetodes		8	6	0.20
		Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema		34	6	0.37
			Hidrobiosidae	Atopsyche		3	9	0.11
		Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		5	8	0.15
			Elmidae	Cyloepus		3	7	0.11
		Díptera	Psychodidae	Clognia		5	8	0.15
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea		7	2	0.19
TOTAL						99	53	1.45

Calidad- BMWP : DUDOSA , Aguas contaminadas

Diversidad - H' Baja

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		6	10	0.36
		Coleoptera	Elmidae	Cyloepus		4	7	0.32
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		19	4	
Anelida	Hirudinea	Hirudiformes				7	2	0.37
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			4	2	0.32
TOTAL						40	25	1.37

Calidad- BMWP : CRITICA, Aguas muy contaminadas

Diversidad - H' : BAJA

JUNIO 7/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		18	6	0.19
				Oecetis		20	6	0.20
			Glossosomatidae	Mortoniella		43	10	0.31
			Hidrobiosidae	Leptonema		5	9	0.08
		Pléoptera	Perlidae	Anacroneuria		5	10	0.08
		Ephemeroptera	Lachlania	Lachlania		90	9	0.37
			Tricorythidae	Leptohyphes		11	7	0.15
		Díptera	Blepharoceridae	Limonicola	Sp1	5	10	0.08
			Tabanidae	Tabanus		3	5	0.46
		Coleoptera	Elmidae	Cyloepus		26	7	0.24
				macrelmis		1	7	0.02
			Psephenidae	Psephenops		2	9	0.02
		Lepidoptera	Pyralidae	Petrophylla		2	6	0.02
Mollusca	Gastropoda	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalela		7	8	0.11

TOTAL	238	109	2.15
-------	-----	-----	------

Calidad- BMWP : MUY BUENA

Diversidad- H' : MEDIANA

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		20	9	0.35
			Baetidae	Baetodes		14	6	0.31
				Baetis		5	6	0.17
		Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		2	8	0.11
			Elmidae	Cylloepus		1	7	0.05
		Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		8	3	0.24
			Glossosomatidae	Mortoniella		23	10	0.37
			Hydropsychidae	Leptonema		2	10	0.11
			Helicopsychidae	Helicopsyche		2	8	0.11
		Diptera	Tabanidae	Tabanus		1	5	0.05
TOTAL						78	72	1.87

Calidad- BMWP :

Diversidad - H' : MEDIANA

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	Sp1	6	10	0.29
			Tabanidae	Tabanus		5	5	0.27
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		11	10	0.36
			Hidrobiosidae	Leptonema		4	10	0.24
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa		12	2	0.36
TOTAL						38	37	1.5
								2

Calidad- BMWP :

Diversidad - H' : BAJA

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus		7	5	0.37
			Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa		17	4
Annelida	Hirudinea	Hirudiformes				9	2	0.36
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae			4	2	0.32
TOTAL						37	13	1.05

Calidad- BMWP :

Diversidad - H' : BAJA

JUNIO 21/03

ESTACION No1

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella		43	10	0.34
			Hidrobiosidae	Leptonema		4	9	0.08
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		88	9	0.35
			Tricorythidae	Leptohyphes		9	7	0.15
		Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	Sp1	6	10	0.11
			Tabanidae	Tabanus		4	5	0.09
		Coleoptera	Elmidae	Cylloepus		22	7	0.25
			Psephenidae	Psephenops		3	9	0.08
		Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria		4	10	0.08
Mollusca	Amphipoda	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalala		5	8	0.11
TOTAL						188	84	1.64

Calidad- BMWP :

Diversidad- H': MEDIANA

ESTACION No 2

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	2	5	0.11	
		Coleoptera	Elmidae	Cyloepus	3	7	0.15	
			Ptilodactylidae	Anchytarsus	1	8	0.09	
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	31	10	0.34	
			Leptoceridae	Atanatolica	5	3	0.20	
		Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	17	9	0.36	
TOTAL					59	42	1.25	

Calidad- BMWP : ..

Diversidad - H' : BAJA

ESTACION No 3

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	4	5	0.22	
			Blepharoceridae	Limonicola	9	10	0.33	
		Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	9	10	0.33	
			Hidrobiosidae	Leptonema	6	10	0.28	
		Gastropoda	Physidae	Physa	14	2	0.37	
TOTAL					42	37	1.53	

Calidad- BMWP :

Diversidad - H' : BAJA

ESTACION No4

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Sp	n	Bmwp	H
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	5	5	0.37	
		Hemiptera	Corixidae	Centrocorisa	8	4		
Anelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae		3	2	0.33	
	Hirudinea	Hirudiformes			6	2	0.36	
TOTAL					22	13	1.06	

Calidad- BMWP :

Diversidad - H' : BAJA