

**CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL RIO MOLINO
EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE POPAYAN
1999 - 2000**

**ARNOLD ARIAS HOYOS
MARIA JULIETA CALVACHE NARVAEZ.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
POPAYAN
2002**

**CARACTERIZACION AMBIENTAL DEL RIO MOLINO
EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE POPAYAN
1999 - 2000**

**ARNOLD ARIAS HOYOS
MARIA JULIETA CALVACHE NARVAEZ.**

Trabajo de grado presentado como requisito
parcial para optar el título de Biólogo

Director
Mg. HILLDIER ZAMORA GONZALEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA
EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
POPAYAN
2002**

Nota de Aceptación

Director _____
Mg. HILLDIER ZAMORA

Jurado _____
Mg. ANTONIO VALVERDE

Jurado _____
Mg. YOVANNI VARONA

Fecha de sustentación: Popayán, 18 de Septiembre de 2002

**A Dios que por intersección de mi
madre santísima me ha dado el
regalo mas bello: la vida, familia
y profesión.**

JULIETA Y ARNOL

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros profesores:

Mg. Hildier Zamora. Director de nuestro trabajo, por su valiosa guía.

Guillermo Vásquez, Leonidas Zambrano, Antonio Valverde, Bernardo Ramírez y Apolinar Figueroa, por sus orientaciones y constante motivación.

A nuestros familiares y amigos por su amor y amistad desinteresada.

CONTENIDO

		Pág.
I	INTRODUCCION	1
II	OBJETIVOS	5
1.	MARCO TEORICO	6
2.	METODOLOGIA	18
2.1	TIPO DE INVESTIGACION	18
2.2	METODOS DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS	18
2.3	FUENTES DE INFORMACION	19
2.4	METERIALES Y METODOS	19
2.5	ANALISIS DE LA INFORMACION OBTENIDA	24
3.	DESCRIPCION DEL AREA DEL TRABAJO	26
4.	RESULTADO DE COMPONENTES AMBIENTALES	29
4.1	COMPONENTE ABIOTICO	29
4.1.1	Geología	29
4.1.1.1	Complejo arquia	29
4.1.1.2	Formación Popayán	30
4.1.2	Geomorfología	31
4.1.3	Geología estructural	32
4.1.4	Geotecnia - microzonificación	32
4.1.5	Tipo y uso del suelo	35
4.1.6	Clima	41
4.1.7	Caracterización físico - química hídrica	45
4.1.7.1	Redes de interacción	46
4.1.7.2	Registros físico - químicos hídricos	53
4.1.7.3	Gráficos de parámetros físico - químicos hídricos	59
4.1.8	Procesos geofísicos	63
4.2	COMPONENTE BIOTICO	69

4.2.1	Fauna bentónica	69
4.2.2	Análisis bacteriológico	83
4.2.3	Vegetación	87
4.3	COMPONENTE PAISAJISTICO	104
4.4	COMPONENTE ANTROPICO	112
4.4.1	Uso del recurso hídrico	112
4.4.2	Uso del suelo	114
4.4.3	Invasión de riberas	115
4.4.4	Salud	120
4.4.5	Actividades económicas	122
4.4.5.1	Actividades industriales	122
4.4.5.2	Empleo	123
5.	EVALUACION AMBIENTAL	125
5.1	DIAGRAMA DE REDES DE INTERACCION	125
5.2	SINTESIS ECO - ESTRUCTURAL	133
5.3	MATRIZ DEL ECOSISTEMA DE INFLUENCIAS - DEPENDENCIAS	138
5.3.1	Interpretación de los cuadrantes del grafico de influencias - dependencias	144
5.4	MATRIZ DE FEARO	147
6.	PERFIL DE GESTION AMBIENTAL	152
7.	CONCLUSIONES	157
8.	BIBLIOGRAFIA	160
	ANEXOS	163

LISTA DE FIGURAS		
		Pag.
Figura 1.	Metodología general de evaluación de impacto ambiental.	10
Figura 2.	Metodología general de trabajo para la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.	25
Figura 3.	Localización de zonas y estaciones de muestreo en el municipio de Popayán.	27
Figura 4.	Sistema de fallas de Romeral en la zona urbana del municipio de Popayán.	33
Figura 5.	Microzonificación del municipio de Popayán.	34
Figura 6.	Uso potencial del suelo en el municipio de Popayán	38
Figura 7.	Uso actual del suelo en el municipio de Popayán.	39
Figura 8.	Relación precipitación-temperatura en el municipio de Popayán para el año 1999-2000.	43
Figura 9.	Redes de interacción para calidad del agua. Punto 1.	46
Figura 10.	Redes de interacción para calidad del agua. Punto 2.	47
Figura 11.	Redes de interacción para calidad del agua. Punto 3.	48
Figura 12.	Redes de interacción para calidad del agua. Punto 4.	49
Figura 13.	Redes de interacción para calidad del agua. Punto 5.	50
Figura 14.	Análisis físico-químico. Oxígeno y gas carbónico disuelto.	59
Figura 15.	Análisis físico-químico. pH y relación entre acidez total y alcalinidad total.	60
Figura 16.	Análisis físico-químico. Relación entre turbiedad-conductividad-TDS	61
Figura 17.	Análisis físico-químico. Relación DBO ₅ -DQO.	62
Figura 18.	Estructura de la comunidad según los géneros colectados en las estaciones E ₁ y E ₂ en el primer muestreo.	74
Figura 19.	Estructura de la comunidad según los géneros colectados en las estaciones E ₃ , E ₄ y E ₅ .	75
Figura 20.	Estructura de comunidades según los géneros colectados en el segundo muestreo en las estaciones E ₁ y E ₂ .	76
Figura 21.	Estructura de comunidades según los géneros colectados en el segundo muestreo en las estaciones E ₃ y E ₅ .	77
Figura 22.	Número de géneros de macroinvertebrados acuáticos colectados en el río Molino en los años 1981,1986,1989,1995 y 2000.	78
Figura 23.	Variación del índice de diversidad en las estaciones E ₁ , E ₂ , E ₄ y E ₅ en los años 1981,1986,1989,1995 y 2000.	79

Figura 24.	Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino.Zona 1	89
Figura 25.	Cobertura de vegetación ribereña en la parte alta del río Molino. Zona 1.	90
Figura 26.	Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino.Zona 2	92
Figura 27.	Cobertura de vegetación ribereña en la parte alta del río Molino. Zona 2.	94
Figura 28.	Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino.Zona 3	96
Figura 29.	Cobertura de vegetación ribereña en la parte media del río Molino. Zona 3.	97
Figura 30.	Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino.Zona 4.	99
Figura 31.	Cobertura de vegetación ribereña en la parte baja del río Molino. Zona 4.	101
Figura 32.	Redes de interacción "Invasión de riberas" en el área de estudio.	126
Figura 33.	Redes de interacción "Extracción de material aluvial" en el área de estudio.	129
Figura 34.	Redes de interacción "Vertimiento de residuos sólidos y líquidos" en el área de estudio.	131
Figura 35.	Bocatoma del acueducto de Tulcán. Zona rural de Pueblillo	134
Figura 36.	Extracción de material aluvial. Zona rural de Pueblillo.	134
Figura 37.	Actividades antrópicas. Barrio Pueblillo.	135
Figura 38.	Paso del río Molino cerca de la galería del barrio Bolívar.	135
Figura 39.	Paso del río Molino por el barrio San Francisco.	136
Figura 40.	Río Molino al pasar por el barrio Cadillal.	136
Figura 41.	Colector de aguas residuales. Barrio Pandiguando.	137
Figura 42.	Confluencia del río Molino con el Ejido. Barrio María Occidente.	137
Figura 43.	Matriz de influencias-dependencias de la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.	139
Figura 44.	Plano de coordenadas que muestran la relación entre las influencias y dependencias de las variables evaluadas en el área de estudio.	143

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valores para las características climáticas en el municipio de Popayán-Medias mensuales.	42
Cuadro 2. Valores de precipitación total mensuales (mililitros) en el municipio de Popayán.	44
Cuadro 3. Registro de parámetros químicos hídricos del río Molino.	53
Cuadro 4. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados entre el año 1999-2000.	70
Cuadro 5. Resumen total de cada uno de los taxa en los punto de muestreo.	73
Cuadro 6. Evaluación integral en porcentaje de la calidad ambiental del primer muestreo.	73
Cuadro 7. Evaluación integral en porcentaje de la calidad ambiental del segundo muestreo.	73
Cuadro 8. Criterios de calidad bacteriológica según decreto 1594/84.	83
Cuadro 9. Criterios bacteriológicos para el uso del agua, según la OMS (1978).	86
Cuadro 10. Lista general de especies vegetales encontradas en las riberas del río molino.	102
Cuadro 11. Personas que han observado cambios en el paisaje de cada zona.	106
Cuadro 12. Actividades predominantes respecto al uso del suelo en el área de estudio.	114
Cuadro 13. Número de viviendas construidas a menos de 30m del cauce del río.	116
Cuadro 14. Número de personas que habitan cerca al río Molino.	117
Cuadro 15. Número de personas concientes de que habitan en una zona de alto riesgo.	118
Cuadro 16. Entidades de salud consultadas por las personas que habitan en el área de influencia.	120
Cuadro 17. Presencia de vectores cerca de las viviendas ubicadas en el área de influencia del río.	122
Cuadro 18. Matriz de Fearo para la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.	147

LISTA DE FOTOS

		Pág.
Foto 1.	Erosión en el lecho del río mostrando rocas metamórficas. Parte rural de Pueblillo.	30
Foto 2.	Erosión hídrica. Puente la Viuda. Barrio Cadillal.	64
Foto 3.	Erosión Antrópica. Barrio La María Occidente. Antes de confluencia del río Molino con el Ejido.	65
Foto 4.	Centro deportivo universitario Tulcán. Universidad del Cauca.	66
Foto 5.	Centro deportivo universitario Tulcán. Muros de contención Universidad del Cauca.	67
Foto 6.	Vegetación presente cerca de la bocatoma del acueducto de Tulcán. Zona rural de Pueblillo.	88
Foto 7.	Disminución de la cobertura vegetal cerca de la galería del barrio Bolívar.	93
Foto 8.	Disminución del estrato arbóreo debido a la invasión de riberas. Barrio Bolívar.	95
Foto 9.	Cultivos de maíz en predios del comando de la Policía y el Batallón.	100
Foto 10.	Paisaje natural observado en el área rural de Pueblillo. Zona 1.	107
Foto 11.	Botadero ubicado cerca al cauce del río Molino. Barrio Camilo Torres.	108
Foto 12.	Basuras arrastradas por el río cerca de la cancha de baloncesto. Barrio la Estancia.	110
Foto 13.	Escombros arrojados al río Molino. Puente La Viuda. barrio Cadillal.	111
Foto 14.	Extracción de arena y grava del río Molino en la zona rural de Pueblillo.	112
Foto 15.	Botadero de basuras y escombros. Puente Obras Públicas. Barrio Yanaconas	115
Foto 16.	Invasión de riberas. Barrio San Francisco. Sector histórico de la ciudad.	116
Foto 17.	Viviendas con riesgos potenciales a inundaciones y avalanchas en el barrio Bolívar.	118

Foto 18	Vivienda ubicada en un sector de alto riesgo a orillas del río Molino. Puente de la carrera 11. Barrio Cadillal.	119
Foto 19.	Ladrillera ubicada cerca al río Molino. Barrio Pueblillo.	122
Foto 20.	Cárcavas formadas por la extracción de materia prima para las ladrilleras. Parte rural de Pueblillo.	123
Foto 21.	Extracción de material de arrastre como fuente de trabajo Parte rural de Pueblillo.	124

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Lista de chequeo.	165
Anexo B. Decreto 1449 del 27 de junio de 1977.	167
Anexo C. Resumen mensual multianual de precipitación en la cuenca del río Molino.	171
Anexo D. Encuesta para las familias que habitan en el área de estudio	174
Anexo E. Informe de laboratorio. Análisis bacteriológico. Río Molino bocatoma del acueducto de Tulcán. Punto 1.	178
Anexo F. Informe de laboratorio. Análisis bacteriológico. Río Molino sector Pueblillo. Punto 2.	180
Anexo G. Informe de laboratorio. Análisis bacteriológico. Río Molino sector barrio Bolívar. Punto 3.	182
Anexo H. Informe de laboratorio. Análisis bacteriológico. Río Molino sector cancha del barrio Pandiguando. Punto 4.	184
Anexo I. Informe de laboratorio. Análisis bacteriológico. Río Molino. 50m antes de confluencia con el río Ejido. Punto 5.	186

I. INTRODUCCION

El tema ambiental por la situación actual de los Recursos Naturales se ha convertido en un elemento de importancia y sobre todo de gran preocupación a nivel mundial. La relación entre el hombre y su medio presenta cada día una mayor problemática que necesita rápidamente un análisis con el objeto de plantear soluciones inmediatas que conlleven por lo menos a reaproximar de una manera racional al hombre con la naturaleza.

Esta problemática se debe básicamente a que hasta hace muy poco tiempo la naturaleza se consideraba y utilizaba como fuente de recursos inagotables, que estaba al servicio del hombre y sus necesidades, en otras palabras se buscaba un crecimiento económico y no un desarrollo ordenado y sostenible, este crecimiento se quería obtener a corto plazo y sin visión al futuro, utilizando el medio y sus recursos, produciendo así problemas como: pérdida de diversidad, destrucción de hábitat, extracción de recursos y energía, utilización del medio como almacén de residuos, ocupación del medio para la realización de las actividades humanas etc. Una sobre explotación del medio ambiente se revierte al hombre por diferentes tipos de impacto ambientales, a pesar de esto se sigue transformando el medio, rompiendo unos equilibrios que han tardado miles de años en establecerse. (Instituto Tecnológico Geominero de España, ITGE, 1991).

Estos problemas se deben también a que hasta hace muy pocos años los estudios de impacto ambiental (E.I.A) eran una práctica poco común sobre todo en las obras de ingeniería, o peor aún se llevaban a cabo en la etapa final de un proyecto; y como se sabe es objetivo fundamental de E.I.A diagnosticar o predecir la alteración del medio ambiente a proyectos o actividades realizadas por el hombre y sobretodo contribuir al proceso de planificación del proyecto, recordando que estos estudios son instrumentos de planificación.

Actualmente son los ríos ecosistemas que se ven cada día mas contaminados, incluyendo sus riberas, las cuales presentan diferentes tipos de impactos que las afectan directa o indirectamente. Un caso particular es el estado del río Molino en la ciudad de Popayán que se ve muy alterado debido a diferentes actividades realizadas por el hombre, como eliminación de desechos domésticos, extracción de materiales del lecho del río, ocupación del cauce, entre otros.

Es inquietante observar como el crecimiento de la ciudad ha ido afectando drásticamente el equilibrio natural del río; es como si la ciudad se olvidara del beneficio que recibe de él, y se ensañara en cada tramo de su recorrido al paso por ella, vertiendo aguas residuales domésticas, en fin aguas sin tratamiento; basuras y demás contaminantes que lo van alterando negativamente, disminuyendo todas las características por lo que fue escogido para utilizar sus aguas para consumo humano y de uso doméstico, motivo por el cual se construyó el acueducto de Tulcán (Km. antes de entrar a la ciudad).

Cabe recordar que años atrás, varios sectores del río Molino servían de lugares de recreación y esparcimiento a los habitantes de Popayán, los cuales encontraban en sus riberas el lugar perfecto para departir con familiares y amigos momentos de unión fraterna. Que contraste mas fuerte es caminar por las zonas donde pasa el río, como por ejemplo el sector histórico (Puente del Humilladero) y observar como ha ido quedando al pasar por algunos barrios de la ciudad; definitivamente esto altera la calidad visual, el valor estético y paisajístico de Popayán.

Así como se ha ido empeorando el estado ambiental del río Molino, también han aumentado los riesgos de salud para los habitantes ribereños, no solo por la contaminación, sino también por los vectores generados por esta. De esta forma se seleccionó un área de trabajo que llevara a establecer el estado ambiental del río Molino al pasar por la ciudad de Popayán (Cauca), el cual pasa en sentido Nor-este - sur-oeste, en un trayecto de 8 Km.

Aproximadamente, y que al igual que otros ríos que atraviesan la ciudad tienen problemas ambientales, puesto que no es solo la contaminación hídrica sino también la degradación que sufre el entorno natural.

Es importante en este tipo de estudios, siempre relacionar la información obtenida de todos los indicadores, trabajar con estos datos en una forma holística, debido a que como es un ecosistema siempre habrá un cambio de energía entre sus componentes y si uno de estos se ve afectado tarde o temprano influenciará a los demás, provocando un impacto positivo o negativo. Por lo tanto es indispensable realizar redes de interacción entre los componentes como también realizar matrices que permitan conocer las causas y consecuencias de la problemática ambiental predominante en este río.

Es importante incorporar la dimensión de temas ambientales en muchas áreas, abrir las puertas a un tema de suma importancia en este momento y en un futuro cercano, siendo este imprescindible para la elaboración de proyectos ambientales y propuestas a la problemática ambiental. Teniendo como fundamento el decreto 2811 de 1974 "Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente" en donde se clasifican como contaminables el aire, el agua y el suelo, como también la Ley 99 del Sistema Nacional Ambiental de diciembre de 1993, la cual tiene en cuenta los principios generales ambientales, conceptos de estudio ambiental, desarrollo sostenible, Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), licencias ambientales entre otros aspectos relacionados con el medio ambiente, como también el decreto 1449 del 27 de Junio de 1977 que en este caso es importante puesto que habla sobre la delimitación de las riberas del cauce de los ríos.

Por otra parte la Constitución Nacional de 1991 en el Título II Capítulo 3 (de los derechos colectivos y del medio ambiente), menciona en sus artículos el medio ambiente, los recursos naturales, el saneamiento y en general la ecología; especialmente los artículos 79 y 80.

Académicamente este proyecto hace parte de nuestra formación personal como profesional, ampliando conocimientos en el tema ambiental, aplicando conceptos básicos adquiridos en el transcurso de esta carrera y sobre todo concientizándonos y comprometiéndonos como ciudadanos y profesionales para contribuir en algo a la solución de esta problemática ambiental.

Este documento contiene información partiendo del marco teórico, el cual comprende conceptos y aspectos teóricos fundamentales que permiten ampliar y entender con mayor facilidad apartes del presente trabajo. El marco metodológico muestra el tipo de investigación que se realizó, la forma e instrumental utilizado para la obtención de datos al igual que un esquema general de la metodología utilizada y la descripción del área de estudio. También muestra aspectos ambientales generales del área de estudio, análisis de resultados de cada componente (Abiótico, Biótico y Antrópico), resultados de las encuestas realizadas y aspectos generales de cada indicador según lo observado en cada zona del área de trabajo. La parte final de este documento presenta algunos métodos de evaluación ambiental como redes de interacción y matrices, lo que permite ilustrar y explicar algunas causas y consecuencias de la situación ambiental del río y su área de influencia. Finalmente se encuentran algunas conclusiones y el perfil de una propuesta de gestión ambiental obtenidas como producto de la investigación realizada.

II. OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar mediante la evaluación de variables abióticas, bióticas y antrópicas el estado ambiental en que se encuentra el río Molino en la zona urbana del Municipio de Popayán.

ESPECIFICOS

- Caracterizar la problemática ambiental del río Molino en el área de estudio, mediante la identificación y evaluación de impactos, utilizando algunos indicadores geofísicos, biológicos y antrópicos.
- Determinar los impactos positivos o negativos generados por diferentes actividades antrópicas en el río Molino.
- Identificar la vegetación ribereña y la cobertura vegetal existente en el área de estudio.

1. MARCO TEORICO

En esta caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán se concibe el concepto de **Impacto Ambiental (I.A.)** como la alteración que se produce en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionado por un proyecto o actividad que se lleva a cabo.

Debe considerarse que una acción o proyecto no produce siempre los mismos efectos y ello dependerá del medio receptor. Así, una acción de efectos contaminantes introducida en una zona determinada, podría ser asimilada por el medio natural sin dar lugar a procesos degradantes, con lo que el impacto ambiental puede no existir, conociéndose como de incidencia "cero" sobre el medio ambiente, sin embargo introducida en un medio de por sí ya alterado, podría superarse el poder de auto asimilación y desencadenar procesos irreversibles de degradación.

La alteración que puede producirse, viene expresada por la diferencia entre la evolución del medio "sin" la aplicación del proyecto o actividad y "con" la ejecución de tales acciones.

El grado de incidencia que ello tiene en las condiciones o circunstancias que rodean el hábitat humano, es lo que determina el Impacto Ambiental (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991).

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): Se refiere a la predicción y valoración de los efectos de las actividades antrópicas sobre la estructura y funcionamiento no solo de sistemas naturales sino también de aquellos transformados por la acción humana como por ejemplo un campo de cultivo o incluso una ciudad.

El concepto se refiere tanto a los componentes o variables del medio (por ejemplo agua, suelo, vegetación, etc.) como a las relaciones y los flujos de energía entre los componentes y los ecosistemas y la evaluación esta centrada tanto en el análisis, como en la valoración de los cambios generados por las actividades promotoras del impacto (Figueroa, A.1998).

El objetivo de las evaluaciones de impacto ambiental es formar un juicio previo, imparcial y lo menos subjetivo posible sobre la importancia de los impactos, alteraciones que se producen y la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables.

Atendiendo a las características del proyecto o actividades que se desea llevar a cabo y basándose en un análisis riguroso, donde se determine el alcance y el contenido de cada etapa de la planificación de los trabajos, puede distinguirse:

- La evaluación simplificada del impacto ambiental, cuya aplicación tendría lugar a proyectos con riesgo bajo de afección, bastando una valoración cualitativa del impacto ambiental.

- La evaluación preliminar del impacto ambiental.

Donde se desarrollan los trabajos de evaluación, con la información que en esos momentos exista, sin desarrollo de una investigación específica. Las conclusiones de este análisis deben de dar paso si fuere necesario a una evaluación más exhaustiva que es lo que se conoce como:

- La evaluación detallada del impacto ambiental.

Con aplicación a proyectos de múltiples riesgos de afección y distintos niveles de intensidad.

La metodología general de evaluación del impacto ambiental, se resume en la Figura 1. Dentro de la evaluación ambiental se valoran los posibles impactos generalmente con algunos criterios como:

- **Magnitud:** Severidad de cada impacto potencial con relación a su reversibilidad.
- **Durabilidad:** Lapso en el que el impacto pueda extenderse.
- **Importancia:** Valor asignado al impacto con respecto al área por su estado actual.
- **Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia.
- **Mitigación:** Soluciones disponibles o factibles a los impactos negativos.

Como también se hará uso de métodos como:

- **Listas de chequeo:** Es un método muy sencillo de identificación cualitativa que permiten tener información rápida para formar una idea general de todos los aspectos y variables que conforman el ecosistema en estudio, puede tener algunas desventajas (como falta de información, no proporcionan efectos indirectos o interrelaciones), pero los datos que brindan son importantes para elaborar diferentes redes o matrices causa – efecto.
- **Redes de interacción:** Este método permite identificar los impactos indirectos (secundarios y terciarios) y las diferentes interacciones entre los componentes ambientales, fundamentándose en los principios de la sinérgia y en las relaciones causa – efecto que se presentan en los ecosistemas; permiten una visualización integrada.
- **Matrices causa – efecto:** Son métodos de identificación y valoración preliminar de impactos ambientales, son conocidas como de doble entrada, muestran una visión integrada de los efectos de las acciones propuestas sobre los componentes biofísicos, socioeconómicos y culturales. Entre otras tenemos matriz del ecosistema, matriz de Fearo, de Leopold, de Sorensen etc. Las matrices causa – efecto tienen como fin determinar el grado de influencias y dependencias de los indicadores

específicos o de primer nivel, permitiendo elaborar una categorización en referencia a estos dos aspectos Figueroa et. Al (1998)¹. La matriz de FEARO por ejemplo se utiliza para identificar los impactos que se estén produciendo sobre los factores ambientales causados por diferentes actividades que se desarrollen en determinado sitio, por lo tanto sirve para hacer un análisis preliminar y general sin necesidad de tener muchos conocimientos ambientales.

Estudio de impacto ambiental (EIA): son los estudios técnicos, necesariamente objetivos y de carácter interdisciplinar, que se realizan sobre los proyectos, para predecir los impactos ambientales (alteraciones) que pueden derivarse de la ejecución de dicho proyecto o actividad.

Estos estudios deben incluir una valoración del impacto ambiental, de forma que permitan comparar alternativas diferentes de un mismo proyecto.

Dado que las evaluaciones del impacto ambiental son trabajos dirigidos a predecir las consecuencias que la ejecución y posterior desarrollo de un proyecto o actividad humana puede producir en el entorno donde se localiza la acción, con el fin de realizar un dictamen de los efectos desencadenados y establecer las oportunas medidas preventivas y de control que aminoren las acciones negativas producidas sobre el medio ambiente. Es posible distinguir los siguientes tipos de estudios, dependiendo de la fase de decisión en que nos encontremos:

- Estudios de Impacto Ambiental, dirigidos a la "localización más desfavorable u optima"
- Estudios de Impacto Ambiental, orientados a "evaluar las distintas alternativas" que pueden darse.
- Estudios de Impacto Ambiental, dirigidos al análisis de "un proyecto específico, con una alternativa predeterminada".

¹ FIGUEROA, A., CONTRERAS, R., SÁNCHEZ, J.: Evaluación de impacto ambiental, un instrumento para el desarrollo; Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional (CEADES) / Corporación Universitaria Autónoma de Occidentes, Cali, 1998.

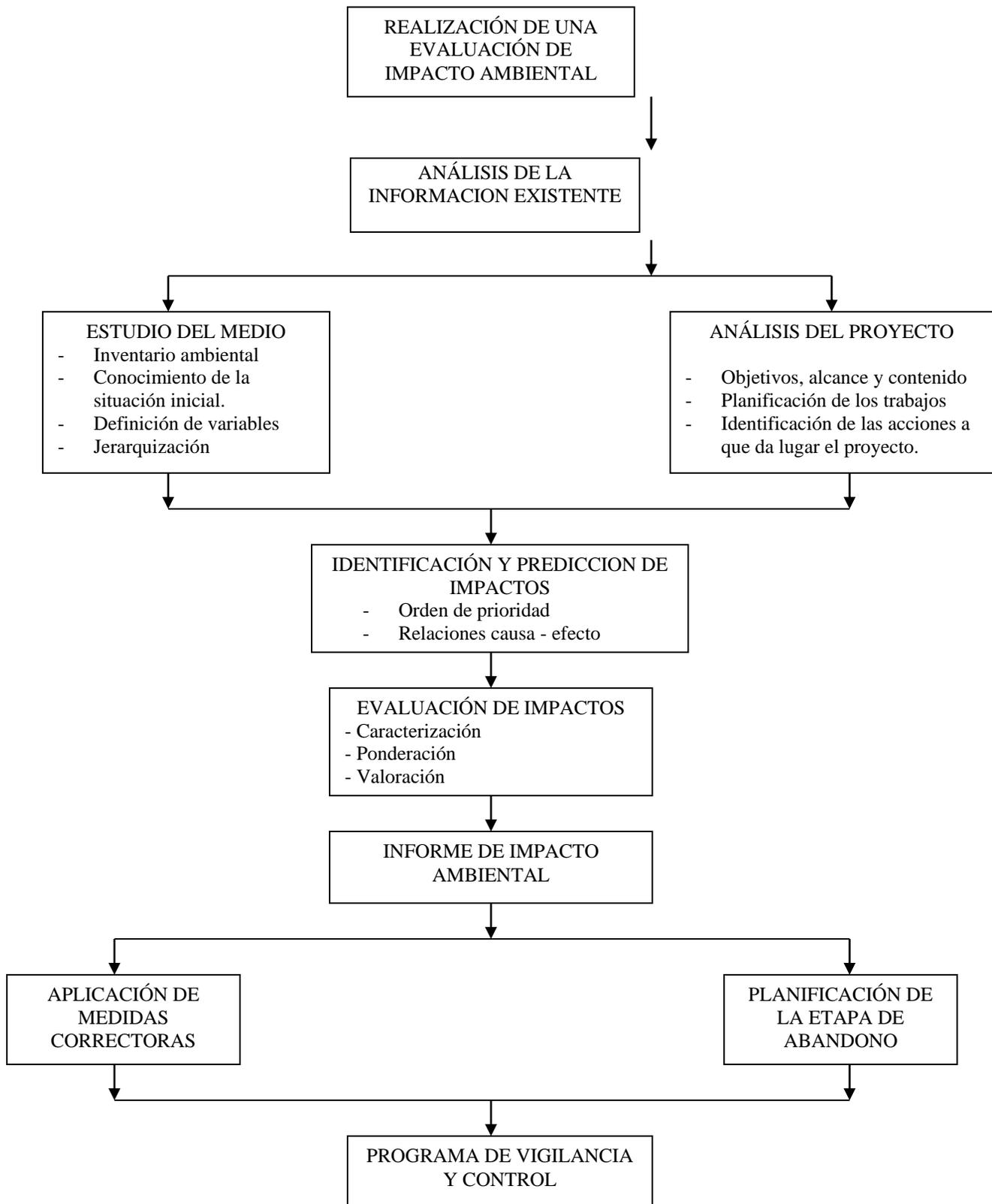


Figura 1. Metodología general de Evaluación de Impacto ambiental. (ITGE, 1995)

Sea cual sea la complejidad y dimensión de la evaluación Impacto Ambiental a realizar y el esquema metodológico que se adopte, siempre es necesario el análisis de una serie de etapas relacionadas entre sí, que dan viabilidad al proceso de evaluación. Su desarrollo debe hacerse de una forma cíclica e interactiva, para el mejor conocimiento entre los objetivos y acciones del proyecto o actividad y los factores del medio que se ven afectados. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991).

Indicadores: La OECD (1994) define este termino como a un parámetro o un valor derivado de parámetros que proveen información, describen el estado de un fenómeno, ambiente o área, con una significancia que va mas allá de la directamente asociada con el valor del parámetro. Se caracterizan por ser medibles, tangibles, de fácil recolección, bajo costo, evaluable a través del tiempo entre otros.

Los indicadores en la parte ambiental se pueden considerar como instrumentos sencillos y rápidos para la caracterización del estado en que se encuentra el ambiente. (ZAMBRANO, Leonidas. VALVERDE, Antonio. Los Indicadores y la Evaluación Ambiental. Popayán 1998.).

Los indicadores se clasifican en:

- Indicador de tercer nivel: Son indicadores macros, como abióticos, bióticos y antropicos.
- Indicador de segundo nivel: Definen las características del área objeto de estudio, ejemplo: clima, aire, agua entre otros.
- Indicador de primer nivel: Definen con mayor nivel de detalle los atributos, se pueden identificar, ejemplo: pH, turbidez, caudales entre otros.

Calidad del agua: Incluye las características físicas, químicas y biológicas que pueda presentar un cuerpo de aguas naturales, con el propósito de determinar su estado trófico y sanitario; y se relaciona directa y/o indirectamente con la característica del hábitat natural, grado de potabilidad (abastecimiento y consumo), niveles de alteración, bioensayos, estudios de efecto ambiental sobre los recursos hidrobiológicos de hidroenergía, programas agrícolas, riego, actividades pecuarias o para tomar decisiones a cerca de la viabilidad de programas de cultivo y levante de especies acuáticas de diversa índole. (Vásquez G. Caracterización Físico - química de cuerpos de agua natural).

Índices de calidad del agua: son modelos matemáticos que sirven para tener una idea acerca de la calidad del agua, con base en variables ambientales y poder así, evaluar de manera muy aproximada a la realidad la condición real del medio acuático, las tendencias en sus variaciones, jerarquización en función de tiempo, espacio y los procesos de productividad natural en cuanto al aspecto hidrológico. Lo anterior, permitirá proyectar acciones referentes a planes de control y manejo adecuados de las condiciones, evitando alteraciones drásticas que podrían ir en detrimento de la calidad del agua, del equilibrio de los diferentes ecosistemas acuáticos, de los flujos naturales de materia y energía, de los niveles de productividad natural, de la distribución de la biota acuática y de los niveles de producción del recurso hidrobiológico. (Vásquez G. Caracterización Físico - química de cuerpos de agua natural).

Parámetros físico-químicos: son considerados como indicadores de la calidad del agua natural, ya que dan una visión preliminar sobre la calidad de esta y las condiciones de un ecosistema acuático.

- **Turbiedad :** se mide en unidades nefelométricas de turbiedad (NTU). Es el grado de opacidad que presenta el cuerpo de agua. Incide directamente en la transparencia en la capacidad de penetración lumínica en la columna, en la transmisión de la luz, en el flujo de energía dentro del ecosistema acuático y en los niveles de productividad.

- **Temperatura** : Se mide en grados centígrados. Se deriva de la penetración lumínica, incide en la densidad del agua, solubilidad de los gases, reacciones químicas tanto en la columna de agua como en el sustrato y en procesos biológicos, disminuye en función de la profundidad.
- **Gases disueltos: Oxígeno disuelto:** se mide en mg/l. Las concentraciones de este gas varían permanentemente, debido a los procesos físicos, químicos y biológicos que se dan continuamente en las aguas naturales. Las fuentes principales de oxígeno en el medio acuático son: el intercambio con el medio atmosférico y el proceso bioenergético de la fotosíntesis generado por el fitoplancton y las macrophytas acuáticas.
Gas carbónico: Se mide en mg/l. Se origina por respiración tanto animal como vegetal, procesos de degradación de materia orgánica, agua lluvia que arrastra consigo CO₂ de la atmósfera y en general reacciones químicas que se manifiestan tanto en la columna como en el sustrato.
- **pH Potencial de Hidrogeniones (H⁺):** Varía en función del estado trófico del sistema, concentración del gas carbónico, presencia de iones que determinan la alcalinidad (HCO₃⁻, CO₃⁼, SO₄⁼, PO₄⁼, etc.), acidez mineral, factores edáficos, presencia de ácidos orgánicos (ácido húmico). Es la medida del grado de acidez o basicidad del agua, sus valores van de 0 a 14, en las aguas naturales presentan variaciones entre 6 y 9 unidades de pH.
- **Acidez Total:** Corresponde a la suma de la acidez mineral más la acidez causada por la presencia del gas carbónico, con base en el pH obtenido se puede deducir su origen y los posibles efectos que sobre el ecosistema, los procesos fisiológicos y distribución de la biota se puedan presentar.
- **Alcalinidad Total:** Es una forma para indicar la presencia de iones bicarbonato (HCO₃⁻) y carbonato (CO₃⁼) en el sistema. La alcalinidad del agua, depende en gran parte de la naturaleza geoquímica del sustrato.
- **Dureza Total:** Este parámetro está asociado con la presencia de iones calcio (Ca⁺⁺) y magnesio (Mg⁺⁺), los cuales se combinan principalmente con bicarbonatos (HCO₃⁻) y carbonatos (CO₃⁼), marcando la dureza temporal, o con sulfatos (SO₄⁺⁺) y cloruros, dando la dureza permanente, la suma de estos dos corresponden a la dureza total.

- **Conductividad:** Mediante este parámetro se puede tener una idea muy aproximada a la realidad, acerca del funcionamiento de un ecosistema acuático, actividad iónica, diversidad biótica (relación inversa), procesos de osmorregulación y balance hídrico, productividad natural primaria, procesos de descomposición de materia orgánica, naturaleza geoquímica del sustrato, entre otros. La conductividad específica de las aguas naturales es una medida de la resistencia de una solución al flujo eléctrico, o sea que la resistencia disminuye con el incremento del contenido de sales, por consiguiente aumenta la conductividad. La conductividad varía con la temperatura y es por ello que siempre hay que expresarla en función de esta. Valores que oscilan por debajo de 400 Mhos/cm⁻¹ reflejan aguas de excelente calidad, entre 400 y 700 Mhos/cm son aguas de calidad aceptable, por encima de 750 Mhos/cm son aguas excesivamente mineralizadas y de elevada salinidad.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos, principalmente las bacterias para los procesos de degradación de la materia orgánica en medios aeróbicos y producir gas carbónico mas agua. Este es el resultado de la actividad biológica y dependerá de la caracterización de microorganismos, cantidad de ellos y la temperatura del agua. Con base en este análisis se podrá inferir acerca de la cantidad de materia orgánica presente y los niveles de degradación de ella en el ecosistema acuático.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Corresponde a la cantidad de oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica en una muestra, la cual es susceptible de oxidación con un oxidante químico fuerte, especialmente el dicromato de potasio. En las aguas naturales, la DBO₅ disminuye más rápidamente que la DQO, lo que implica que la oxidación enzimática desnaturaliza rápidamente los compuestos biológicos presentes.

En cuanto a la fauna bentónica, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos (tomados de Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, Roldan, 1988):

Macroinvertebrados Acuáticos: Son aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, aquellos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. Algunos de los grupos que se deben tener en cuenta en este trabajo son:

- **Phylum Platyhelminthes:** Clase Turbellaria encontramos el orden Tricladida al cual pertenecen las planarias, estos organismos viven debajo de piedras, troncos, ramas etc. La mayoría viven en aguas bien oxigenadas, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación.
- **Phylum Annelida:** Encontramos dos clases: Oligochaeta y Hirudinea.
 - *Clase Oligochaeta: La mayoría de estos individuos viven en aguas eutroficadas, en fondos fangosos y con abundante cantidad de detritus. Un ejemplo de esta clase es el género Tubifex que habita en lugares con condiciones anaerobias.
 - *Clase Hirudinea: Habitan en aguas de poco movimiento, y son indicadores de aguas eutroficadas por efecto de contaminación orgánica.
- **Phylum Arthropoda:** Clase Insecta: Encontramos aquí organismos de diferente orden como: Díptera, Tricoptera, Odonata, Plecoptera entre otras. Los cuales son básicamente indicadores de aguas limpias o ligeramente eutroficadas o contaminadas.
- **Phylum Mollusca:** Clase Gastropoda: Los organismos que pertenecen a esta clase son buenos indicadores de aguas duras y alcalinas, viven en todo tipo de aguas y algunos géneros son más resistentes a la contaminación.

Otros términos que se usaran mucho en este trabajo son los siguientes:

- **Ecosistema**² : Es un conjunto estable de interacciones reciprocas de organismos vivos con su medio ambiente inerte, que es unificado por un flujo circular de energía y nutrientes.
- **Paisaje**: Es uno de los factores importantes del medio ambiente considerado como un recurso natural más el cual puede ser comparable al resto de los recursos como el agua, vegetación, suelo y fauna el cual requiere de protección y su análisis es fundamental en la determinación de su capacidad y fragilidad que se pueden ver afectadas por actividades antropicas. En cuanto a su concepto no existe ningún tipo de acuerdo, puesto que cada persona puede ver el tema de una forma diferente pero desde cualquier punto de vista son validos y semejantes. El concepto más aceptado es el mencionado por (Dunn, 1974) en el libro “Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales”³ el cual dice que“Paisaje es la percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas”, lo que quiere decir que la percepción de un paisaje se lleva a cabo a través de todos los sentidos de la mente del hombre.

El paisaje se considera como un elemento natural y en la definición de sus cualidades se distinguen tres niveles de complejidad (Villarino Teresa, 1984)⁴que son:

1. Valores o cualidades primarias, las cuales se refieren a las condiciones de visibilidad (incidencia visual) de un lugar o unidad determinada, lo que ayuda a conseguir una idea mas completa del paisaje. Lo que se puede medir con parámetros como Cuenca Visual.

Cuenca Visual: Es el conjunto de todas las áreas superficiales que son visibles desde el punto de vista del observador.

² Canter W. Larry, Manual de Evaluación de Impacto Ambiental” Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto”. Segunda Edición, 1998.

³ Instituto Tecnológico Geominero de España, Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales, 1991.

⁴ Curso Sobre Evaluaciones de Impacto Ambiental, p. 159. 2º ed. Madrid, 1984.

2. Cualidades Secundarias, las cuales se concretan en la calidad del paisaje, por lo que se puede entender como el grado de excelencia de este, su merito para no ser alterado o destruido, por lo tanto que su estructura actual se conserve.
3. Cualidades Terciarias, determinantes de la fragilidad visual ante un impacto y/o la aptitud de un paisaje para acoger una actividad. Esto se refiere al potencial de un paisaje para absorber las actuaciones humanas o ser visualmente perturbado por ellas.

El paisaje urbano solo podrá entenderse como un objeto constituido dentro del marco socio cultural de una sociedad y solo se comprende dentro de un contexto histórico, cultural y económico; el tratamiento de paisaje debe tener un carácter operativo y no ser un objeto de estudio propiamente dicho; también es cierto que en la medida que se ha actuado sobre el paisaje natural se han transformado dichas condiciones, modificando el ambiente existente(1989)⁵.

Impacto visual: Es la importancia y/o gravedad de la alteración que se produzca en la calidad de los recursos visuales como resultado de actividades o usos del suelo desarrollados en un o junto a un paisaje.

⁵ 1Memorias primer seminario nacional sobre habitad urbano y problemática ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Manizales 1989.

2. METODOLOGIA

2.1 TIPO DE INVESTIGACION:

Este trabajo está enmarcado inicialmente dentro de la investigación Descriptivo – Explicativa, lo cual se refiere a interpretar lo observado mediante los métodos de evaluación ambiental, como también posee un enfoque ambiental cualitativo y sistémico puesto que relaciona las variables físico – ambiental y humanas, permitiendo así identificar una realidad aproximada, existente en el área de trabajo.

La investigación Descriptivo – Explicativa es aquella que permite obtener información respecto al estado o situación actual del problema, donde se tiene en cuenta cada uno de los factores a analizar, para así identificar y evaluar los impactos ambientales que se estén presentando.

2.2 METODOS DE IDENTIFICACION Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

En esta caracterización ambiental, es necesario y de suma importancia la identificación de impactos, la descripción del medio afectado, las posibles causas y consecuencias que dichos impactos puedan tener como también sus posibles medidas de mitigación; Para obtener estos datos fue necesario el uso de métodos simples como son las listas de control simple los diagramas de redes y las matrices.

El análisis de los factores Bióticos, Abióticos y Antrópicos es de gran importancia en un análisis ambiental, porque permite detectar y priorizar los problemas que se están presentando, partiendo de las causas, consecuencias y limitaciones que se puedan presentar en el área de estudio, todo esto a partir de la continua interrelación del hombre con el medio.

2.3 FUENTES DE INFORMACION

La información utilizada en este documento fue facilitada por entidades como la Corporación Autónoma regional del Cauca (C.R.C), el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC), INGEOMINAS, IDEAM y planeación municipal, brindando información a través de mapas, cuadros estadísticos y documentos del área donde se desarrollo el trabajo. La información primaria se obtuvo a través de encuestas no formales realizadas a la comunidad que habita dentro del área de estudio, como también de análisis de laboratorio y observación directa.

Se hizo uso de fuentes secundarias como textos relacionados con temas del medio ambiente, impactos y evaluaciones ambientales, geología, recursos naturales y humanos entre otros, como también trabajos realizados por otros autores en el área de estudio, los cuales fueron de gran ayuda para analizar y complementar los resultados obtenidos en este trabajo.

2.4 MATERIALES Y METODOS

La primera parte del proyecto consistió en hacer un recorrido y reconocimiento a lo largo del área de estudio (8 Km. a lo largo del río Molino y 30m. a cada lado de su cauce), con el fin de realizar un inventario ambiental y así detectar los principales problemas ambientales que se estaban presentando en cada uno de los factores en estudio, esto se logro mediante observación directa de los diferentes indicadores de cada factor, como también mediante entrevistas no estructuradas a los habitantes del sector.

Para el aspecto geológico, distribución y ubicación del área de estudio, comunas y barrios aledaños se utilizó la cartografía existente del municipio de Popayán facilitada por INGEOMINAS, Planeación Municipal y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la cual fue utilizada para actualizar los mapas de la zona en escala 1:30000.

Teniendo en cuenta la información brindada por la cartografía y por el inventario ambiental, se realizó una encuesta en la mayoría de las viviendas ubicadas dentro del área de estudio, para conocer aspectos como salud, empleo, uso del suelo y del recurso hídrico, etc.

En cuanto al recurso hídrico, se realizaron 2 muestreos para un análisis físico – químico y biótico (macro invertebrados); estos muestreos se hicieron en diferentes épocas del año (invierno y verano), y en 5 puntos diferentes a lo largo del río, con el fin de confrontar y confirmar los resultados obtenidos con otros trabajos, que indican el estado de contaminación en que se encuentra este al pasar por la ciudad de Popayán.

Para los muestreos físico – químicos se recolectaron muestras compuestas de agua en tarros de plástico de 1 L. Para proceder a hacer el análisis de cada uno de los parámetros mediante métodos calorimétricos y potenciómetros utilizando “Kits” de análisis de agua “Aquamerck” y equipos como oxigenómetro, pH-metro, conductímetro y un fotómetro SQ 118 MERCK.

Para el caso de la fauna béntica se siguió el método de flotación, utilizando mallas de bentos y removiendo el suelo unos tres metros antes del lugar donde se ubica la malla(en contra corriente); los organismos colectados se llevan a frascos de boca ancha los cuales contienen alcohol al 70%, los frascos debidamente rotulados se llevan al laboratorio para ser clasificados mediante el uso de diferentes claves taxonómicas. Los datos obtenidos son la base para hallar el índice de diversidad, bioindicación, estructura de la comunidad, BMWP y análisis integrado de cada una de las estaciones, esto se hizo de la siguiente forma:

El índice de diversidad de Shannon-Weaver, según la teoría se hallará de la siguiente forma: $H^1 = \sum (n1 / N) \text{Ln} (ni/N)$ donde:

$n1$ = número de individuos por cada género

N = número total de organismos colectados

Ln = logaritmo natural

H = índice de diversidad.

Considerando el resultado obtenido entre los siguientes rangos: 0.0 - 1.5 baja diversidad, 1.6 - 3.0 mediana diversidad, 3.1 - 5.0 alta diversidad.

Los datos obtenidos en las cinco estaciones fueron comparados con el fin de evaluar las variaciones existentes entre cada uno de estos puntos.

Para la estructura de comunidad se elaboraron gráficos de barras con los géneros obtenidos y se observa si se adaptan a la curva normal.

Respecto a la Bioindicación consistente en identificar y determinar las características del medio con base en los organismos capturados, dependiendo de las cualidades que presentan para colonizar un medio específico. Existen los siguientes rangos: Oligotrófico, Oligomesotrófico, Mesotrófico, Mesoeutrófico, Eutrófico y Oligo - Eutróficos. Esto permitirá presentar una zonificación longitudinal en términos de la calidad del medio acuático.

El índice de BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) consiste en determinar que clase y calidad de agua es la que se está analizando, trabajando para esto con las familias de los organismos capturados y dándoles un puntaje ya determinado en tablas específicas que han sido adaptadas para Colombia por Zamora, 1998.

Estos análisis se realizaron en los laboratorios de la Universidad del Cauca y en el laboratorio de Salud Pública para el caso del análisis bacteriológico del agua.

Para el aspecto de cobertura vegetal se hicieron muestreos a lo largo del río Molino (8Km.) en un área de influencia de 30m. a cada lado del margen del río, tomando muestras cada 50m. y en una parcela de 3m. de ancho X 30m. de fondo, según el método aleatorio sistemático. Las muestras recolectadas fueron llevadas al herbario de la Universidad del Cauca para su identificación y así obtener un inventario aproximado de vegetación existente en el área de estudio.

En cuanto a los datos obtenidos del factor paisaje y antrópico se realizó en su mayoría por observación directa, entrevistas no estructuradas, material fotográfico y realizando visitas periódicas en el área de estudio, teniendo en cuenta para esto diferentes metodologías ambientales.

Respecto a la evaluación de impacto ambiental se realizó con el apoyo de métodos cualitativos como listas de revisión o chequeo, diagramas de redes de interacción y matrices causa – efecto (matriz de influencias – dependencias y matriz de fearo).

La lista de chequeo simple, es un método muy sencillo que se realizó previo al proyecto ambiental, consiste en una lista general donde se relaciona de manera simple y rápida las actividades que puedan estar generando impactos positivos o negativos sobre los diferentes factores ambientales del área de estudio. En el presente trabajo se utilizó una lista de chequeo o control descriptiva (Anexo A), que tiene forma de cuestionario en donde se identifica la relación entre los componentes ambientales con los impactos directos e indirectos, los cuales se señalan ya sean positivos (+) o negativos (-), realizando su respectiva descripción.

Una vez realizada la lista de chequeo se continuó la evaluación con el método de **diagrama de redes**, proceso que tiene como fin identificar las interacciones intra e interespecificas entre componentes ambientales y por tanto las relaciones causa efecto entre indicadores de primer, segundo y tercer nivel, permitiendo también calcular el valor de importancia o peso de determinada actividad sobre los factores ambientales que se deseen valorar.

En este caso se elaboraron tres diferentes redes para el mismo número de actividades que están afectando el área de estudio, en cada caso se ubican diferentes indicadores de primer, segundo y tercer nivel, para iniciar a relacionar los de segundo nivel teniendo en cuenta las interacciones causa efecto, tanto horizontales como verticales, para asignar el valor de importancia cada interacción (indicador) debe establecer al menos dos relaciones horizontales y dos verticales, asignándole un valor de importancia de 1 a cada indicador de segundo nivel que cumpla con este criterio, por último el diagrama presenta una columna al

final que representa la sumatoria de los n valores de importancia por cada indicador, el promedio de estos valores representa el peso o importancia que dicha actividad tiene en el ecosistema evaluado, Figueroa et al. (1998)⁶.

Finalmente para la evaluación ambiental se utilizaron 2 tipos de matrices, la matriz de influencias – dependencias y la matriz de FEARO. Los resultados obtenidos con la primera matriz sirven para centrar la atención del análisis y escoger indicadores que sean representativos para la evaluación, este tipo de matriz se elabora ubicando una lista de indicadores de primer nivel en las filas (horizontales) y se cruzan con los mismos indicadores en las columnas (verticales), para así proceder a establecer las relaciones de influencia o dependencia, cuando se cruzan el mismo indicador se escribe 0 en la casilla de cruce, y cuando se da una relación de influencia o dependencia se anota 1 o un visto bueno en la casilla correspondiente (cada casilla tiene solo una relación de dependencia o influencia); por último se realiza la sumatoria de influencias (forma vertical) y de dependencias (forma horizontal), también se hallan los grados de dependencia (GD), que se obtiene así: La sumatoria de las dependencias / La sumatoria de las influencias; valor que se tiene en cuenta para escoger los indicadores más representativos del análisis. Los datos obtenidos en la matriz se llevan a un plano de coordenadas para graficar la relación influencias – dependencias y así obtener una apreciación de la capacidad de recuperación de un sistema y una orientación sobre sus indicadores.

La matriz de FEARO (Oficina Federal de Revisión y Análisis Ambientales), se utilizó para identificar impactos, consiste en relacionar una lista de actividades (columnas verticales) que afecten el ecosistema con los diferentes componentes ambientales (indicadores en las filas – horizontal), estableciendo una cuadrícula donde se ira cruzando cada actividad con cada uno de los indicadores, donde se presente impacto positivo o negativo se señala con una marca de acuerdo con los símbolos seleccionados; al realizar su análisis se debe tener en cuenta diversos criterios para evaluar los efectos ambientales como magnitud,

⁶ FIGUEROA, A., CONTRERAS, R., SÁNCHEZ, J. Evaluación de impacto ambiental, un instrumento para el desarrollo. CEADES / Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Cali, 1998.

importancia y reversibilidad, para poder finalmente establecer medidas que mitiguen efectos adversos y definir las áreas que requieren mayor atención.

2.5 ANALISIS DE LA INFORMACION OBTENIDA

Los datos que presenta este informe corresponden en su mayor parte a información de tipo cualitativa, los cuales se relacionan para permitir una comprensión integral de todos los componentes del ecosistema en estudio, utilizando criterios con los que se evalúan posibles efectos ambientales como: Magnitud, frecuencia, efecto benéfico o adverso, mitigación entre otros, esto para dar una idea más clara de los componentes que se ven afectados o presentan mayor impacto.

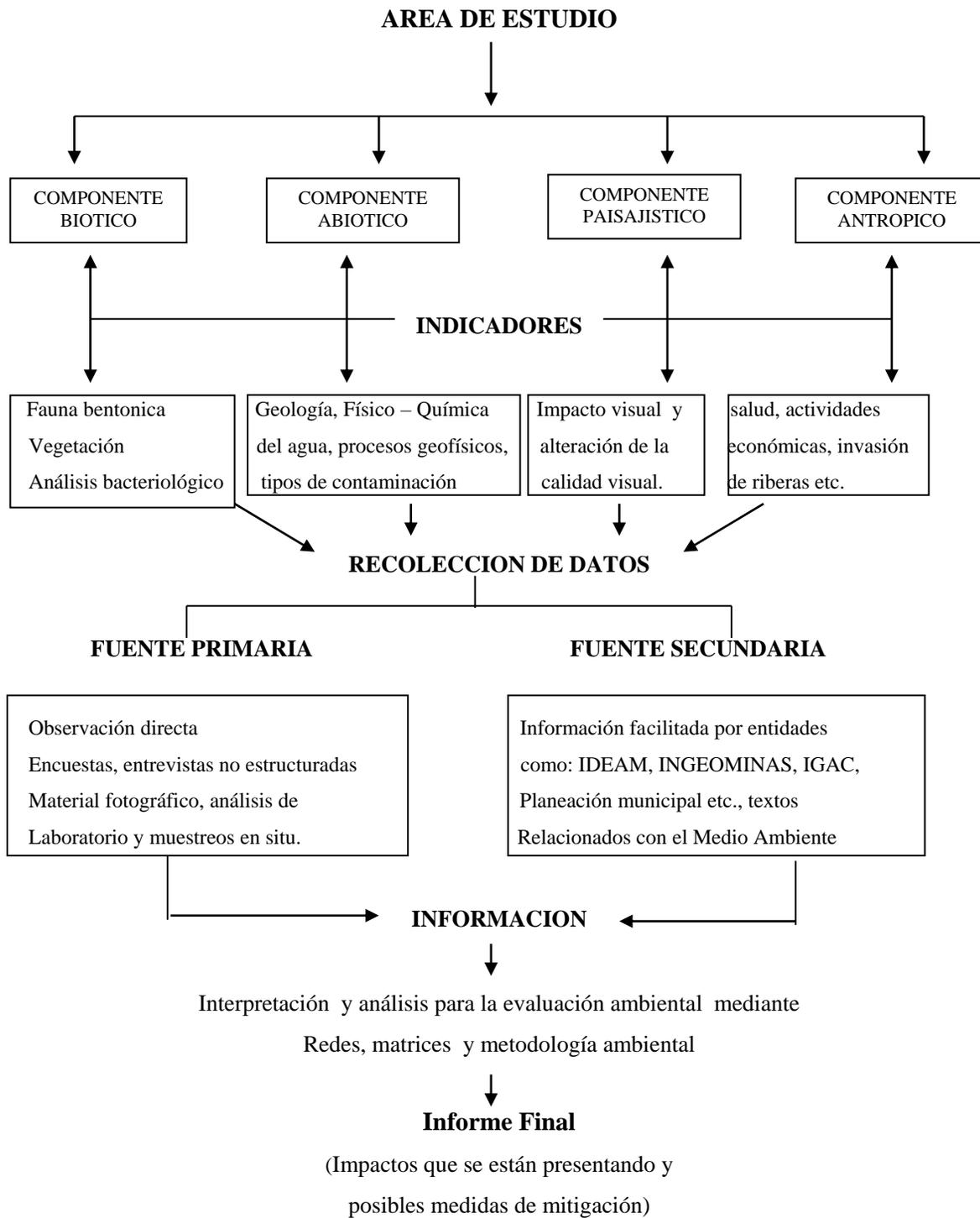


Figura 2. Metodología general de trabajo para la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.

3. DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO

En el departamento del Cauca, el río Molino nace en las estribaciones de la cordillera Central, en el cerro de Santa Teresa al oriente del resguardo indígena de Poblazón a 2130msnm, perteneciendo a una zona de vida bmh-MB según el sistema de Holdrige(1978), hace un recorrido de 24 Km. hasta desembocar al río Cauca en el municipio de Popayán.

En la ciudad de Popayán el río hace su recorrido en sentido Noreste - Sur oeste con un trayecto aproximado de ocho Kilómetros, entre la bocatoma del acueducto de Tulcán (Pueblillo) ubicado a 1780msnm y la unión con el río Ejido a 1690msnm, encontrándose en una zona de vida bmh-PM, según el sistema de Holdrige.

Este tramo del río recorre la zona urbana de la ciudad, pasando por 4 comunas (1, 3, 4 y 8) y aproximadamente 15 barrios. Para facilitar el trabajo se establecieron 4 zonas en el sitio de estudio (la Figura 3) y un área de influencia de 30m aproximadamente a cada lado de su cause, esto según el decreto 1449 del 27 de Junio de 1977 que especifica que no se debe habitar a menos de 30m a cada lado del cauce de río, arroyos o riachuelos (Anexo B).

Las zonas son:

Zona 1: Comprende el sector entre la bocatoma del Acueducto de Tulcán y 50m antes del barrio Pueblillo.

Zona 2: Sector comprendido entre 50m antes del barrio Pueblillo y la entrada al parque Mosquera

Zona 3: Sector entre el parque Mosquera y el barrio Pandiguando (cancha de fútbol)

Zona 4: Sector entre el barrio Pandiguando(cancha de fútbol) y 100m antes de recibir las aguas del río Ejido (La María).

OBSERVAR ESTA FIGURA (MAPA DE ZONAS Y ESTACIONES DE MUESTREO)
EN EL ARCHIVOS DE AUTOCAD.

Dentro de estas zonas se determinaron 5 estaciones para muestreos puntuales (parámetros físico – químicos del agua) (Figura 3), las cuales son:

- *Bocatoma del acueducto de "Tulcán" (E₁) a 1780 msnm.* Parte rural de Pueblillo.
Se tomó este punto como base, debido a que las condiciones del agua son buenas, siendo tratadas para aportar aproximadamente el 10% del agua que consume la población de Popayán.
- *Pueblillo (E₂) a 1760 msnm*
50m antes del barrio Pueblillo, debido a que es un sector donde empieza con mayor auge la intervención antropica (extracción de material aluvial, ladrilleras etc.) observándose ya alteraciones del ecosistema.
- *Galería del Barrio Bolívar (E₃) a 1720 msnm*
Se tomará la muestra 100 m después de pasar el río por la galería del Barrio Bolívar, este lugar presenta características de alta contaminación, debido a que hasta este sector el río Molino ha recibido descargas de aguas servidas, de basuras, aguas de la Quebrada Yanaconas y alcantarillas como la del hospital San José.
- *Barrio Pandiguando (E₄) a 1700 msnm*
50m. antes del vertedero de aguas residuales, localizado en la cancha de fútbol del barrio Pandiguando. Hasta este lugar el río Molino ya ha atravesado gran parte de la ciudad sobre todo de la zona central y el sector histórico de Popayán trayecto donde algunas partes del río se utilizan como botaderos o vertederos de alcantarillas, además de presentar impactos de otro tipo como invasión del cauce.
- *La María (E₅) 1690 msnm*
100m. antes de recibir las aguas del río "Ejido". En este lugar también se presenta el vertimiento de aguas negras (llevadas por el colector), hasta este punto se puede determinar que cambios y como se ha visto afectado el río Molino entre las estaciones E₁ a E₅.

4. RESULTADOS DE COMPONENTES AMBIENTALES

4.1 COMPONENTE ABIOTICO

4.1.1 GEOLOGIA

La geología local del área de estudio esta constituida por suelos y rocas pertenecientes a la formación Popayán de Edad Terciario – Cuaternario y a un grupo de rocas antiguas de la Edad Paleozoica que hacen parte del complejo Arquia.

4.1.1.1 Complejo de Arquia

Caracterizado por rocas Metamórficas, son susceptibles de deslizamientos en forma de media luna de remoción en masa. Las rocas metamórficas que aparecen en el lecho del río Molino son estables. Estas rocas afloran al oriente de la ciudad, en el río Molino, en la carretera Popayán – Puracé y la quebrada Molanga; En el río Molino se pueden observar afloramientos esporádicos en el margen derecho, en cercanías de la bocatoma del Acueducto de Tulcán, donde la erosión en el lecho del río deja al descubierto estas rocas Metamórficas (Foto 1).

Los suelos derivados de estas rocas se componen principalmente de minerales arcillosos, hematites, cuarzo en partículas finas, carbonato de calcio y magnesio, sodio y calcio soluble y algo de potasio, si estos suelos se presentan en taludes de fuerte pendiente y zonas de fractura, las lluvias actúan provocando zonas de fuerte erosión, inestabilidad y remoción de masas.

Este tipo de rocas está conformadas principalmente por anfíboles, esquistos, cuarcitas, micas blancas, filitas etc., que hacen parte de las rocas de basamento de toda la región del oriente de Popayán.



Foto 1. Erosión en el lecho del río mostrando rocas metamórficas. Parte rural de Pueblillo.

4.1.1.2 Formación Popayán

Está constituida por flujos piroclásticos y flujos de lodo, ceniza y bloques, flujos de escombros y cenizas de caída e ignimbritas, afloran en el margen derecho del río Molino al norte de Pueblillo. Posee suelos residuales de coloración amarillenta, pardusca, rojizos claros, violeta y parda (origen volcánico); algunos ricos en bauxita, generalmente ácidos de media a baja condición agroecológica (exceptuando las vegas del río Cauca donde los aluviones del río han producido suelos muy buenos). Presenta zonas planas (a excepción de los escarpes de los ríos), condiciones geotécnicas malas y geformas redondeadas, pendientes variables de 6 a 25 grados, suelos compuestos por grava, arena, limo y arcilla. Estudios realizados por INGEOMINAS hicieron la caracterización de la formación Popayán, definiendo cinco Sub - Unidades o flujos, de los cuales para el área de estudio son importantes los siguientes:

- a. **Tobas Soldadas o Ignimbritas del Río Hondo (Tph):** Afloran en el río Hondo, el río Cauca y la margen derecho del río Molino en Pueblillo, compuestas por tobas, cuarzo, obsidiana y flujos de ceniza. Los colores de meteorización son claros, violáceos, principalmente limos y arcillas.

- b. Flujos de lodo y Depósitos Aluviales del Río Molino (Qpm):** Compuesta por flujos de lodo, depósitos aluviales del río Molino, cenizas y lahares. Estos afloran en la parte plana o sub-cuenca de Popayán. Las terrazas aluviales están representados por gravas, arenas, limos y arcillas del río Molino, Cauca y Ejido. La formación Popayán es de Edad Terciaria – Cuaternaria.

4.1.2 GEOMORFOLOGIA

En general el área se caracteriza por tener suelos y rocas de origen volcánico, correspondientes al Terciario – Cuaternario, las cuales están sobre un conjunto de rocas antiguas que hacen parte del grupo Arquia de edad del Paleozoico.

Con base en la caracterización morfológica se identificaron siete unidades, de las cuales para este trabajo se mencionaran tres:

A. Unidad Geomorfológica del Grupo Arquia:

Se caracteriza por rocas metamórficas de tipo esquistos, filitas y anfibolitas que corresponden a las rocas de basamento, se observan por pueblillo y la bocatoma del acueducto de Tulcán, las cuales han sido descubiertas por la acción de la erosión del río. Los suelos derivados de estas rocas se componen principalmente de minerales arcillosos, si se presentan en taludes de fuertes pendientes y zona de fractura las lluvias actúan provocando zonas de fuerte erosión, inestabilidad y remoción de masa.

B. Unidades de Flujos y Depósitos aluviales del Río Molino (Qpm):

Caracterizados por flujos de lodo, ceniza, escombros y piroclásticos. Presenta zonas planas y condiciones geotécnicas malas, o sea suelos muy inestables o sujetos a deslizamientos o inundaciones, esto se presenta sobre todo en la parte plana de Popayán. La vegetación de este sector es pobre y los suelos presentan de mediana a baja condición agrícola, actualmente se observa erosión superficial en algunos sitios a lo largo del río Molino al pasar por la zona urbana de Popayán.

C. Terrazas y aluviones

Son depósitos aluviales de morfología plana, que por estar cerca de ríos son áreas prohibidas para construcciones.

4.1.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

El municipio de Popayán y por lo tanto el área de estudio se ve afectada por un intenso tectonismo, debido a que este municipio está dentro del sistema de fallas de Romeral (Figura 4), las cuales tienen dirección SW – NE. Algunas de estas fallas son:

- *Falla Popayán E, Popayán y Popayán W*: Se presentan en la zona urbana de Popayán y atraviesan el río Molino, pasan por barrios como Pueblillo, Yanaconas, Liceo, barrio Bolívar, Tulcán, Villa Docente, Yambitara.
- *Falla Bolívar – Almaguer*: Atraviesa la vía panamericana en el sector Timbio – Rosas, provocando graves problemas de inestabilidad como deslizamientos y asentamientos. Esta falla atraviesa la ciudad de Popayán en dirección N40E hacia el borde del río Molino y se flexiona tomando una dirección N25E.
- *Falla de Pueblillo*: Pasa por la parte inferior de Pueblillo.

4.1.4 GEOTECNIA – MICROZONIFICACION

Debido al terremoto de 1983 (atribuido a la falla Rosas-Julumito), INGEOMINAS realizó un estudio interdisciplinario en donde se hizo la micro zonificación del municipio de Popayán, esta sirve para saber el tipo de suelo existente en el área de estudio y si es apto o no para construcción de viviendas o edificios, o al menos para tomar las precauciones necesarias. .

El municipio de Popayán se divide en cuatro zonas (A, B, C y D), las zonas que corresponden a nuestro trabajo son la A, C y D. La zona A, conformada por flujos recientes, arenas, tobas (cenizas volcánicas consolidadas), tobas alteradas y en general corresponde a suelos blandos, húmedos y comprensibles; se verían afectados en caso de un sismo. La zona C, corresponde a terrazas de los ríos Cauca y Molino, posee suelos blandos de poco espesor ubicados sobre depósitos aluviales gruesos. La zona D, hay flujos de lodo, cenizas volcánicas y arenas aluviales. (Figura 5).

OBSERVAR ESTA FIGURA (MAPA DE FALLAS EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN) EN EL ARCHIVOS DE AUTOCAD.

OBSERVAR ESTA FIGURA (MAPA DE LAS DIFERENTES ZONAS DE MICROZONIFICACION EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN) EN EL ARCHIVOS DE AUTOCAD.

Según INGEOMINAS Y PLANEACION MUNICIPAL en las rondas de los ríos (según las leyes no se puede construir a menos de 30m del cauce de los ríos) se recomienda no construir debido a posibles inundaciones o deslizamientos de los escarpes de las laderas y en los cuales los depósitos de suelo suelen tener tales características que resultan grandes amplificadores espectrales en ciertos casos. Esta es una de las actividades que más se observa en los 8 Km. del paso del río por Popayán. También hay que destacar que el área aledaña al río Molino se ubica dentro de las zonas A en su mayor parte y la zona D; la primera corresponde a depósitos fluvio-lacustres de los ríos Cauca, Molino y Ejido, lo que significa que son suelos blandos, húmedos y comprensibles, por lo tanto se verían afectadas en caso de un sismo, esta zona se extiende para este estudio desde Yanaconas siguiendo todo el corredor del río Molino hasta unirse con el Ejido.

Esta zonificación permitió definir también otras zonas donde no se pueden construir, estas son: En los corredores de las fallas y zonas de escarpes, esta problemática se presenta sobre todo en el sector oriental del área de estudio como lo es el barrio Bolívar, por el margen izquierdo del río Molino desde el Liceo viejo hasta el estadio Ciro López, como también en la confluencia del Molino y la Cantera (Yanaconas) donde se presentan de manera brusca terrazas aluviales, al igual que en pueblillo por donde pasa una falla de su mismo nombre. Debido a esto es necesario abordar el tema de prevención de desastres, en el caso de que se presenten eventuales trastornos naturales como sismos, avalanchas, inundaciones o movimientos de masa.

4.1.5 TIPO Y USO DEL SUELO

En la parte de la geología, se observó en general que tipo de suelos se encuentran en el área de estudio, pero más específicamente se puede hablar de dos unidades: Asociación Pubenza (PB) y Conjunto Pubenza (Andic Humitropept), que son suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas y materiales aluviales, corresponden a las terrazas de clima medio húmedo, presentan colores oscuros, de textura franco – arcilloso – arenoso y de baja fertilidad.

El valle interandino de Popayán tiene un relieve ligeramente ondulado donde alternan pendientes menores a 10% y formado por pequeños valles de fondo plano, de origen aluvial y separados por colinas de pendientes convexas⁷.

El uso actual del suelo para el peniplano de Popayán según diferentes estudios ha sido definido para actividades agrícolas y urbanas teniendo en cuenta características geológicas, morfológicas, clima, relieve entre otras (Ramírez. 1988, 57).

***Uso agrícola:** Según la Unidad Regional de Planificación Agropecuario (U.R.P.A.), para el peniplano de Popayán ha sido dividido en praderas, bosques, cultivos permanentes y semipermanentes, cultivos semestrales y de rotación; los cuales tienen las siguientes características:

-Praderas: En la Meseta de Popayán, se encuentran sobretodo pastos naturales con mínima proporción de pastos mejorados. Se observa todo tipo de ganadería (cría, levante y engorde) caracterizados en general por mal manejo de las praderas (sobrepastoreo), que ha incidido en que el fenómeno erosivo sea creciente. Desde el punto de vista de la ganadería de leche, la infertilidad de los suelos y la carencia de leguminosas nativas hace que esta sea antieconómica.

-Bosques: En la actualidad hay aproximadamente unas 12.300 hectáreas entre bosques naturales, primarios y secundarios y bosques artificiales. Estos últimos plantados principalmente por Cartón de Colombia con variedades de coníferas, entre las que se destacan las siguientes: *Pinus patula*; *Cupressus lusitanica*; *Pinus khesya*, *Pinus oocarpa*, así como *Eucaliptus globulos* y *Eucaliptus ssp*

-Cultivos permanentes y semipermanentes: Existen en forma rudimentaria y de baja productividad los cultivos de café(*Coffea arabica*) y caña de azúcar(*Saccharum officinarum*). Predomina el minifundio en extensiones de una a tres hectáreas.

⁷ LUNA ZAMBRANO, Carlos. Suelos de ceniza volcánica del Cauca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Vol. 11, no.8; 1975.

-Cultivos semestrales y de rotación: Se encuentran pequeños cultivos de hortalizas, frutales, plátano(*Hortia colombiana*), maíz(*Zea mays*), fríjol(*Phaseolus vulgaris*), yuca(*Manihot sculenta*), etc; considerados como cultivos de pan coger.

Para el uso agrícola es recomendable el cultivo de especies de protección como bosques con especies: Roble(*Quercus humboldtii*), cascarillo(*Ladenbergia magnifolia*), cucharo(*Clusia sp*), guayacán amarillo(*Tabebuia chrysantha*), guayacán rosado(*Tabebuia rosea*), encenillo(*Weinmannia sp*), guadua(*Bambusa sp*), guayaba(*Psidium guajava*), nacedero(*Trichanthera gigantea*) entre otros y pastos como *Melinis minutiflora*, *Biachiarias sp*. Lo observado a lo largo del área de influencia del río Molino no corresponde a lo recomendado por el U.R.P.A. El suelo está siendo utilizado para construcción de viviendas, cultivos de pan coger como plátano(*Hortia colombiana*), maíz(*Zea mays*), yuca(*Manihot sculenta*), etc (cambiando la vegetación ribereña por estos) y depósito de desechos sólidos; disminuyendo la productividad biológica de este.

***Uso urbano** (Ibid., p. 57): Planeación Municipal ha determinado que las riberas de los ríos (al menos 30m a cada margen del río según decreto 1449) deben ser zonas de protección (Figura 6), indicando que deben ser zonas verde, con presencia y preservación de vegetación ribereña y estableciendo según las características geológicas del suelo que áreas deben ser utilizadas para vivienda y otras actividades. Se ha observado que esta norma realmente no se cumple, ya que es común ver la ribera de este río invadida por viviendas en sectores como Pueblillo, barrio Bolívar, Cadillal, Pandiguando y el Junín (Figura 7); las cuales están expuestas a un peligro constante de carácter natural como a inundaciones, desbordamientos y derrumbes.

OBSERVAR ESTA FIGURA (MAPA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE USO DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN, SEGÚN PLANEACION) EN EL ARCHIVOS DE AUTOCAD.

OBSERVAR ESTA FIGURA (MAPA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE USO ACTUAL DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN, EN EL AREA DE ESTUDIO) EN EL ARCHIVOS DE AUTOCAD.

El uso potencial del suelo (Ibid., p. 57): Se divide en:

-Tierras cultivables: Son todas aquellas áreas aptas para producir cosechas, mecanizadas o manuales, con prácticas de conservación para las zonas de laderas. Para el área de Popayán por tener pendientes menores al 12% con sedimentos coluviales, ceniza volcánica, relieve inclinado y ondulado se recomiendan cultivos de fríjol(*Phaseolus vulgaris*), maíz(*Zea mays*), yuca(*Manihot sculenta*), plátano(*Hortia colombiana*), caña de azúcar(*Saccharum officinarum*), café(*Coffea arabica*), fique(*Agave americana*), haba(*Vicia faba*), cebolla(*Allium cepa*), arveja(*Vicia sativa*) y pastos; al igual que la siembra de bosques para protección de suelos y aguas .

-Tierra para praderas: Incluye todas aquellas tierras que por tener limitaciones permanentes o transitorias no pueden explotarse con agricultura, tal es el caso de algunos suelos de terrazas y valles aluviales afectados por mal drenaje, presencia de piedra abundante en el perfil y horizontes endurecidos a escasa profundidad. El uso potencial debe estar orientado a la ganadería.

-Tierras para árboles frutales y plantas forrajeras: Son todas aquellas tierras que por el uso irracional practicado en ellas por tanto tiempo, las inclemencias del clima, la naturaleza de los suelos y del material geológico, han llegado a extremos de erosión tales que no permiten otro uso distinto al de hacer plantaciones de árboles frutales y/o forrajeros, en los cuales es posible hacer un tratamiento casi localizado a base de terrazas individuales, aplicación de riego por goteo y construcción de trinchas y diques para el manejo adecuado de vertientes y cárcavas. El uso recomendado debe ser en árboles frutales, tales como cítricos, piña(*Ananas sativus*), mora(*Morus nigra*), lulo(*Solanum quitoense*), tomate de árbol(*Cyphormandra hartwegii*) y árboles forrajeros como *Leucaena leucocephala*, *Crotalaria lotifolia* y otros, con algunas áreas en bosques de protección y reserva.

-Tierras forestales: Incluye todas las tierras cuyo uso más adecuado es el forestal, desde el bosque de tala rasa, sembrado con fines comerciales, hasta el que se siembra y/o conserva como medio de protección de los suelos y las aguas. Los suelos se han originado de cenizas volcánicas que cubren rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

El uso recomendado debe consistir en plantaciones de bosques protectores o de aprovechamiento parcial.

4.1.6 CLIMA

La ciudad de Popayán por encontrarse entre 1730 msnm y los 1800 msnm se encuentra en una zona de vida de Bosque muy húmedo premontano (Bmh – PM), caracterizándose por tener una precipitación promedio anual de 2000 mm y por presentar un clima “Bimodal”, refiriéndose esto a una época de verano marcado entre los meses de Junio a Septiembre y una época de invierno; éste régimen se ha visto afectado los últimos cuatro años debido a una serie de fenómenos metereologicos, los cuales han distorsionado épocas climáticas ya definidas.

Actualmente el municipio de Popayán cuenta con varias estaciones climatologicas, de las cuales solo una se encuentra dentro del área de estudio y esta ubicada en el aeropuerto “Guillermo León Valencia”, quien por falta de tecnología remiten sus datos a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C) para procesar todos los datos obtenidos. Para el año 1999 – 2000 se registraron los siguientes datos climatológicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores para las características climáticas en el Municipio de Popayán – Medias Mensuales.

Medios	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación	199.8	175.7	216.4	200.9	170.7	76.9	54.8	65.9	122.7	252.6	338.5	252.3
Número de Días	17	16	19	20	21	14	10	10	15	23	24	21
Temperatura Máxima	29.0	29.0	29.4	29.0	29.3	29.2	29.0	30.1	29.6	29.0	28.4	29.2
Temperatura Mínima	8.2	7.4	6.4	8.8	8.8	6.8	6.8	6.1	6.1	8.8	8.0	8.0
Temperatura media máx.	24.1	24.3	24.6	24.4	24.3	24.6	24.9	25.1	24.8	24.1	23.8	23.9
Temperatura media mín.	13.2	13.3	13.5	13.7	13.8	12.8	11.9	12	12.4	13.4	13.6	13.7
Humedad Relativa	80	79	79	80	80	77	71	69	74	80	82	82
Evapotranspiración	88.9	87.2	102.6	83.7	82.4	92.6	110.6	105	100.1	87.8	87.7	83.8
Brillo Solar	160.6	125.9	125.9	106.8	113	147.6	172.8	162.3	129.2	108.9	121.4	140.4

Fuente: www.ideam.gov.co

El cuadro anterior muestra un valor promedio anual de 18.8 °C de temperatura, teniendo como valor de temperatura máxima 24.4 °C y temperatura mínima 13.1°C (Figura 8), estos datos han variado un poco con respecto a los años anteriores, siendo posiblemente una de las causas de este efecto la disminución o cambio de vegetación que se ha ido presentando en gran parte del área de estudio, como también los fenómenos meteorológicos ya mencionados los cuales son causados en gran parte por la contaminación ambiental que se está dando a nivel mundial.

**Diagrama Omsiotérmico - Municipio de Popayán
1999 - 2000**

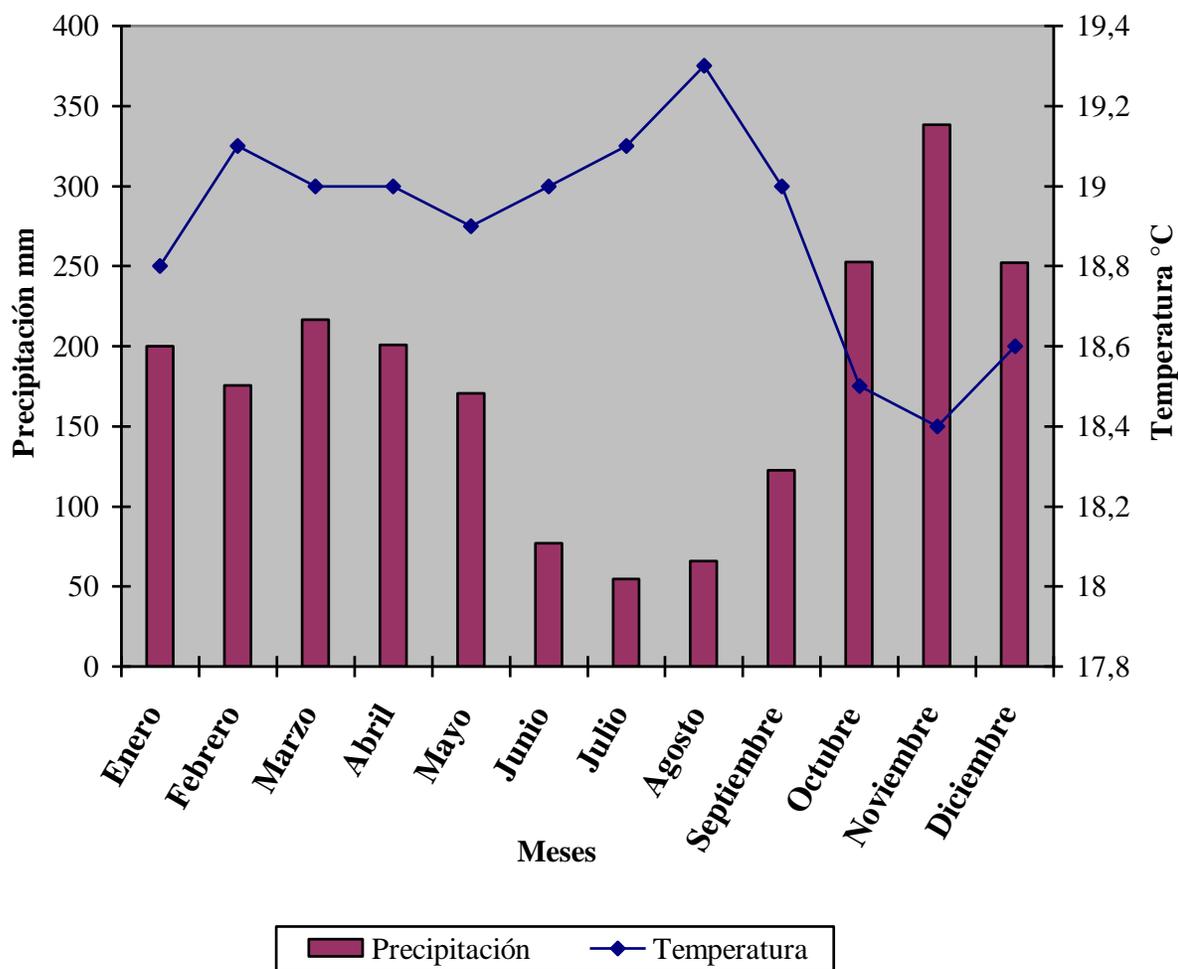


Figura 8. Relación Precipitación - Temperatura, en el municipio de Popayán para el año 1999 – 2000.

La precipitación es un factor que ha venido variando en los últimos años (Cuadro 2), un resumen mensual multianual de la precipitación (Anexo C) muestra como hasta el año 1997 aproximadamente se conserva en esta ciudad el tipo de clima bimodal, con una precipitación promedio en época de verano de 50 mm y en periodos de meses lluviosos un promedios de 220 mm; pero del año 1998 hasta ahora se tienen datos de precipitación anual mínima de 1769 mm y máximo de 2912 mm, manteniéndose la precipitación en época de verano de 50 mm pero aumentando a 312 mm en periodos lluviosos; lo que indica que han

sido años de mucha pluviosidad lo que ha causado graves impactos sobre la meseta de Popayán provocando desbordamientos del río Molino, generando graves inundaciones en las viviendas ubicadas en las riberas del río, según las personas que habitan en estos lugares este fenómeno se presenta cada cinco años concordando esto con la bibliografía consultada.

Relacionando estos factores con otras variables como brillo solar, evapotranspiración y humedad se puede decir que entre los años 1999 – 2000 predominó la pluviosidad y nubosidad en el área de estudio, lo que afectó de cierta forma varios indicadores del ecosistema, siendo uno de ellos la estabilidad de los suelos de las riberas del río los cuales se fueron erosionando debido a la fuerza del caudal.

Cuadro 2. Valores de precipitación total mensual (en milímetros) en el municipio de Popayán.

MES	1981	1986	1990	1995	1999	2000
ENERO	106	206	136	69	241	339
FEBRERO	221	153	301	78	297	347
MARZO	233	143	152	155	300	231
ABRIL	208	263	247	214	300	193
MAYO	276	160	148	117	175	---
JUNIO	177	62	63	118	160	---
JULIO	38	8.0	90	100	23	---
AGOSTO	54	43	13	55	53	---
SEPTIEMBRE	32	111	110	29	233	---
OCTUBRE	229	473	293	240	232	---
NOVIEMBRE	54	302	287	184	458	---
DICIEMBRE	316	110	240	357	437	---
PROMEDIO	1944	2034	2080	1716	2912.1	---

*Datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Estación Aeropuerto Machangara.

4.1.7 CARACTERIZACION FISICO – QUÍMICA HIDRICA

Cuando el río ingresa a la ciudad, dejando atrás su ambiente natural, se puede afirmar según bibliografía consultada,^{8,9} que se aumenta la contaminación hídrica, la cual se va manifestando a medida que atraviesa la zona urbana de Popayán, la cual se encuentra en pleno desarrollo. Esta contaminación se debe básicamente al vertimiento directo de aguas residuales domésticas, extracción de materiales de arrastre y vertimiento de desechos sólidos, los cuales alteran el estado natural del río cambiando totalmente las características físico-químicas y biológicas ideales del agua para consumo humano. Simultáneamente, están aumentando otros problemas de contaminación ambiental como evidencia de olores desagradables, proliferación de organismos como zancudos, ratas, moscos entre otros, vectores causantes de enfermedades, presencia de desechos sólidos y desbordamientos, lo que se podrá analizar en las siguientes redes de interacción.

⁸ ZAMORA, Hildier et al. Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características físico-químicas y biológicas, 1981.

⁹ CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (C.R.C.) . Plan de manejo de la cuenca del río Molino, 1996.

4.1.7.1 REDES DE INTERACCION

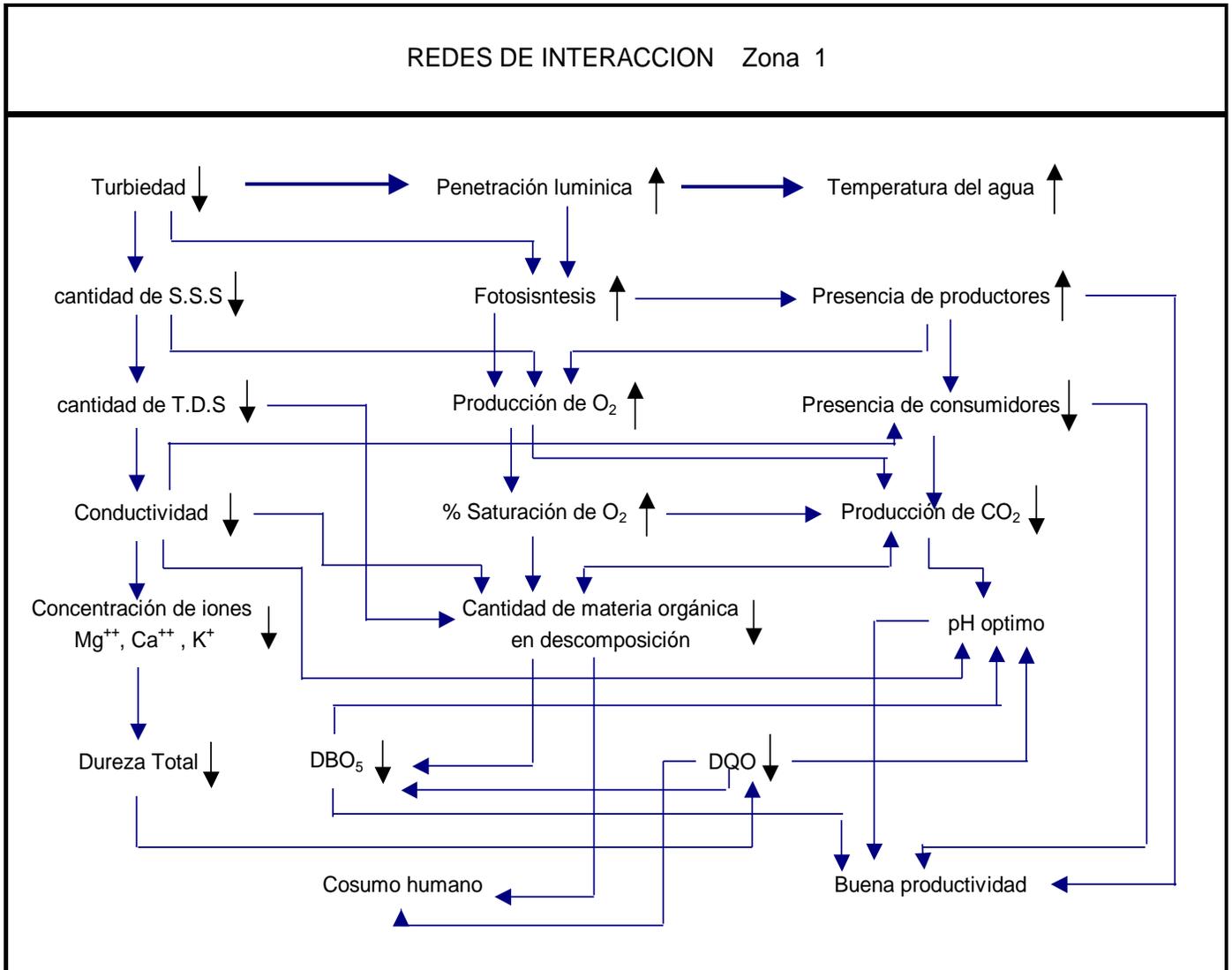


Figura 9. Redes de interacción para calidad de agua. Estación 1.

Convenciones: ↓ Disminuye el valor del parámetro
 ↑ Aumenta el valor del parámetro

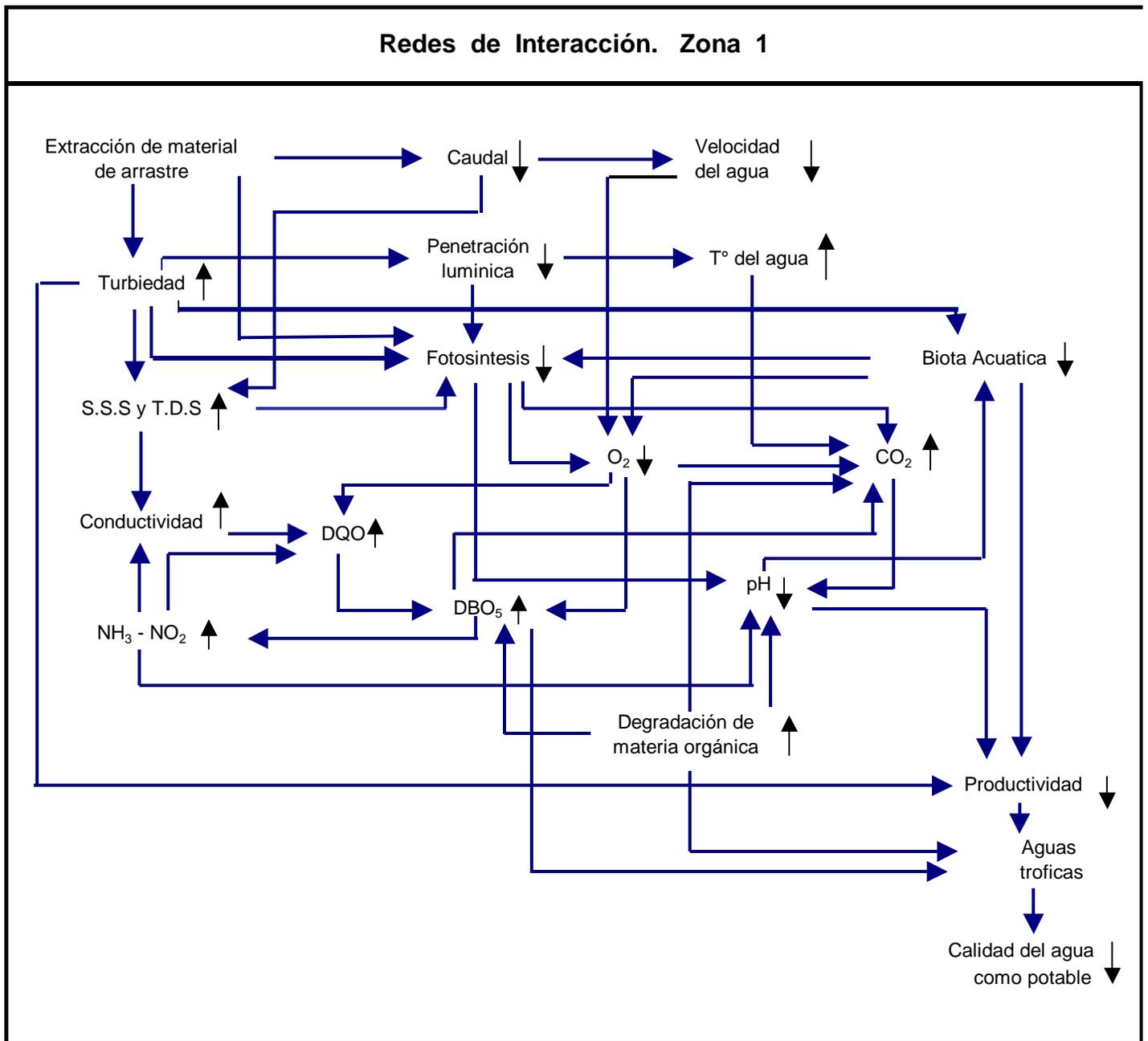


Figura 10. Redes de interacción para calidad de agua. Estación 2.

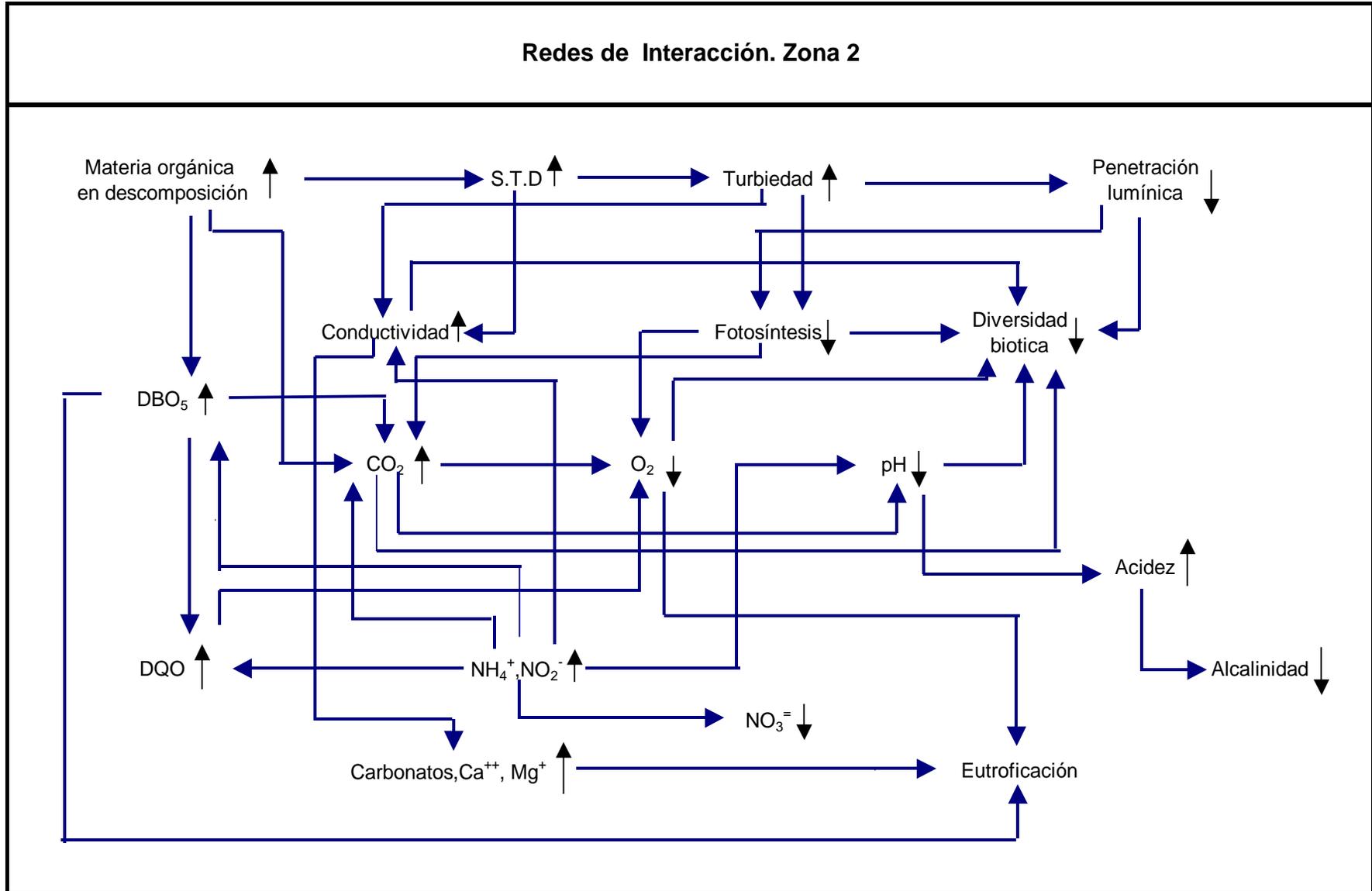


Figura 11. Redes de interacción para calidad de agua. Estación 3.

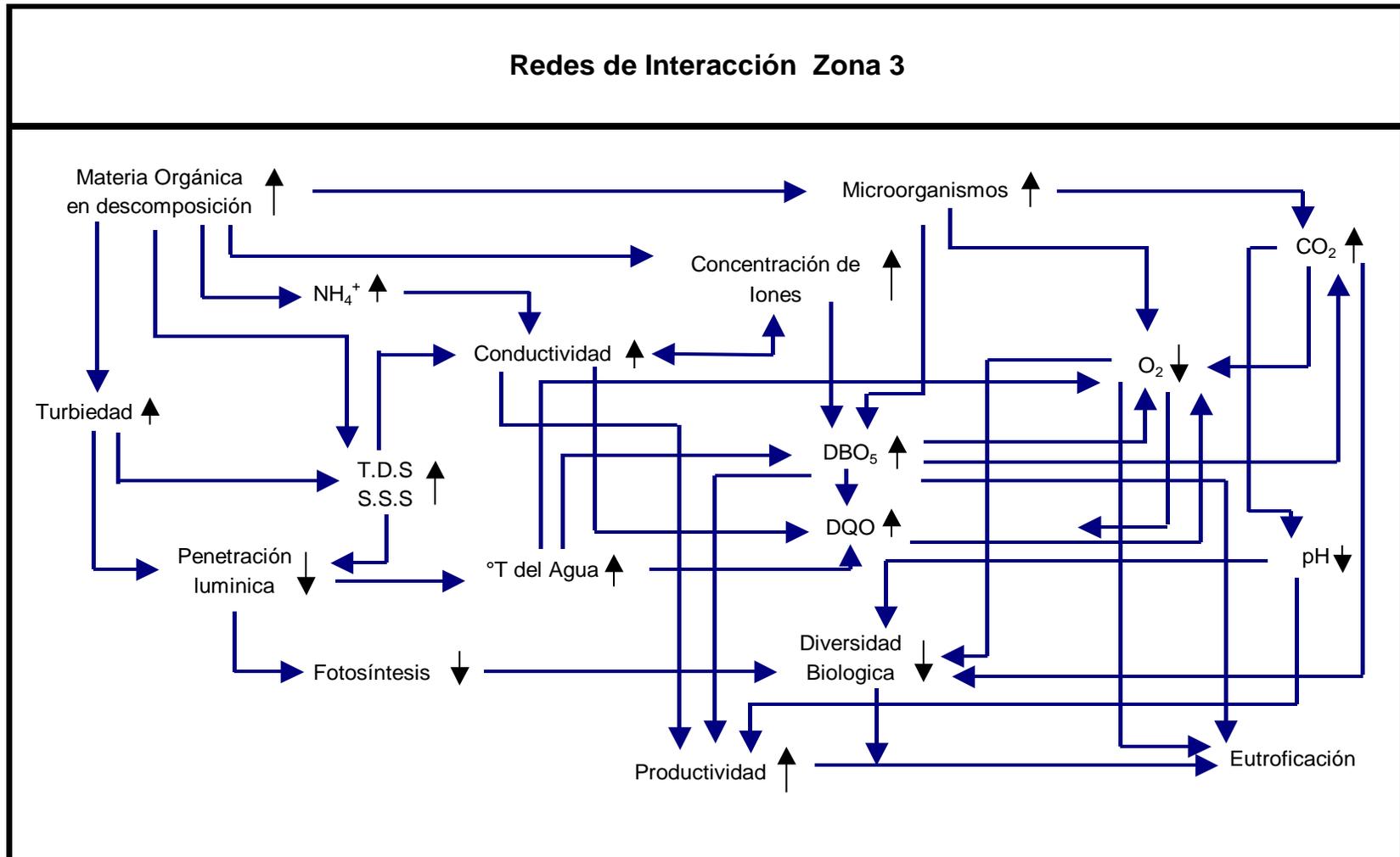


Figura 12. Redes de interacción para calidad de agua. Estación 4.

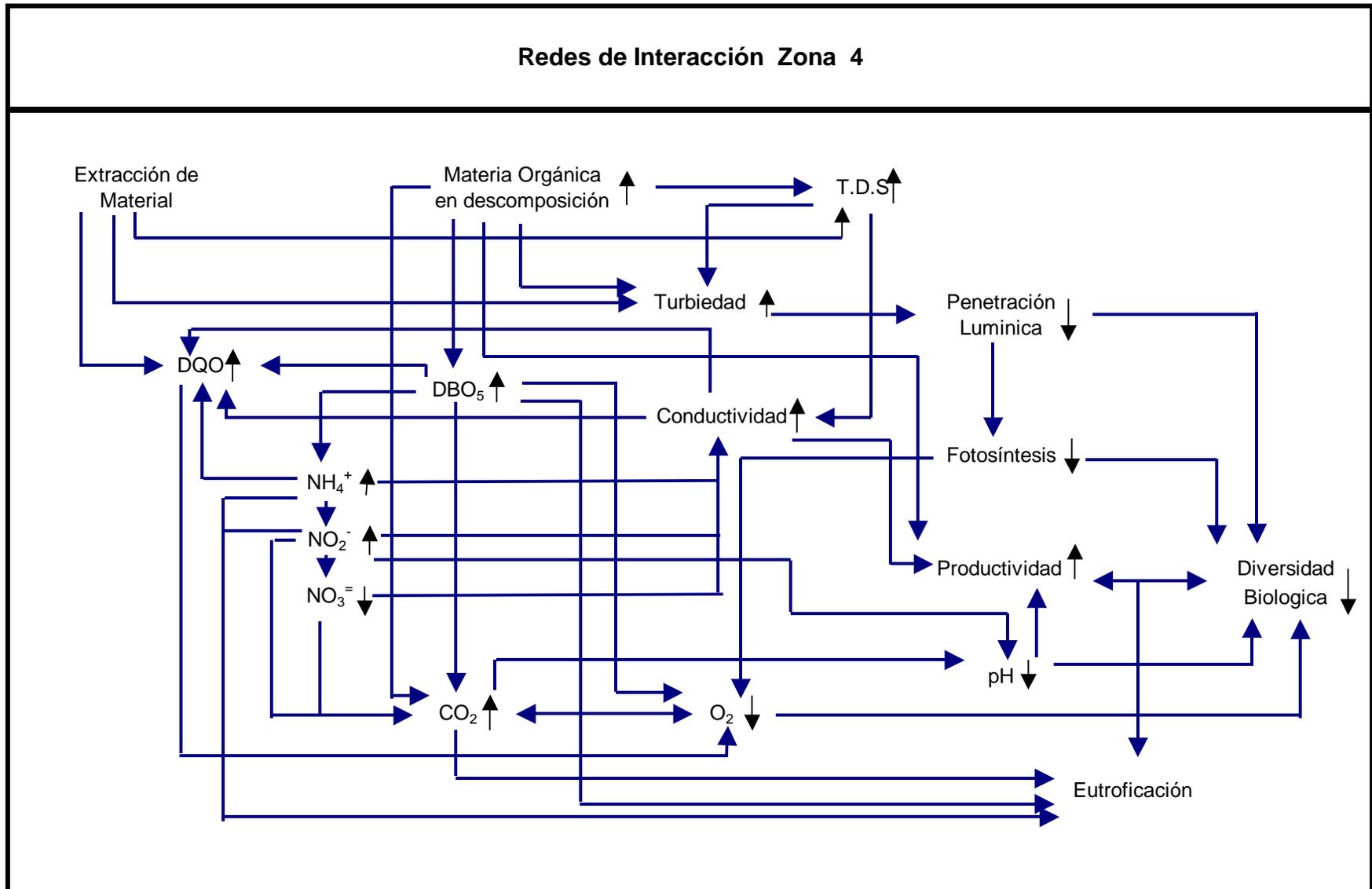


Figura 13. Redes de interacción para calidad de agua. Estación 5.

Para entender la dinámica de este ecosistema se elaboraron redes de interacción en cada estación de muestreo; es así como en la E₁ (Figura 9) se observa la existencia de condiciones para la productividad primaria por lo que hay presencia de organismos consumidores en menor cantidad y el agua desde el análisis físico-químico puede ser tratada para consumo humano.

En la segunda estación, barrio Pueblillo (Figura 10), debido a la extracción de materiales, las condiciones del río cambian; siendo la turbiedad el primer factor afectado, la productividad disminuye lentamente, la degradación de materia orgánica aumenta al verter aguas domésticas, generando un incremento en la concentración de dióxido de carbono y disminución del pH. La calidad del agua para consumo humano disminuye considerablemente.

En el barrio Bolívar E₃, la descarga de materia orgánica aumenta, trayendo consigo perturbaciones al sistema y cambiando las condiciones del agua, aumentando la DBO₅ y el dióxido de carbono, disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto, por lo que tiende a alterarse en la diversidad biótica, condiciones físico-químicas y biológicas (Figura 11).

Presentan similitud las condiciones de la cuarta estación, barrio Pandiguando, y E₅, 100m antes de la confluencia con el río Ejido (Figura 12 y 13), aumentando ligeramente la concentración de oxígeno disuelto en el último sitio de muestreo, sumándose otro factor como la extracción de material de arrastre. En estos sitios, el cuerpo de agua presenta un aumento en la productividad debido a la carga orgánica produciendo un exceso de nutrientes, lo que unido a la disminución de la diversidad biótica tiende a afectar el estado trófico del ecosistema. Sanitariamente no es apta para consumo humano y uso doméstico, según los datos obtenidos en parámetros como oxígeno disuelto, concentración de CO₂, DBO₅ y la DQO. (Roldan. 1992, 226).

A partir de este análisis preliminar y al determinar los posibles indicadores afectados, se procede a confrontarlos con los datos obtenidos en este trabajo.

Las características físico-químicas de este río se ha medido desde hace 10 años a través de diferentes estudios^{10,11}, los cuales permiten confrontar los datos obtenidos y elaborar algunas conclusiones.

El Cuadro 3 muestra los 5 sitios de muestreo, con sus diferentes datos físico-químicos encontrados.

¹⁰ ZAMORA, Hildier. Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividad antropicas y la contaminación

¹¹ NAUNDORF, Gerardo y ZAMORA, Hildier. Efecto excluyente de la contaminación doméstica sobre los macroinvertebrados acuáticos del río Molino durante una década, 1990.

4.1.7.2 REGISTROS FISICO – QUÍMICOS HIDRICOS

CUADRO 3 REGISTRO DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS HIDRICOS DEL RIO MOLINO

SITIO DE MUESTREO	PARAMETROS																
	Muestreo	°T amb. °C	°T agua °C	pH Unidades	O.D mg/L	Sat. O.D %	CO ₂ D mg/L	Acid. Tot. mgCaCO ₃ /L	Alk. Tot. mgCaCO ₃ /L	Turbiedad NTU	Conductiv. uMhos/cm	TDS mg/L	sss 10' mg/L	sss 60' mg/L	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L	Caudal m ³ /sg
Bocatoma	1	19,4	17	6,8	9,9	100	2,9	3,5	12	278	35	18,5	0,2	0,5	< 10	37	9,3
Acueducto Tulcan	2	19	16	7,1	8,4	83	2,5	5,0	20	150	40	20	< 0,1	< 0,1	< 10	< 10	2,3
50 m. Antes	1	19	17	7,0	8,8	90	3,5	7,0	18	250	38	19,4	0,5	0,7	30	83	8,2
Vereda Pueblillo	2	21	17,5	7,0	8,3	85	6,5	7,0	33	213	45	22,5	0,4	0,6	103	153	2,7
Galeria	1	18,5	18	6,5	7,5	80	5,5	8,5	11	274	40	24	0,4	0,9	72	100	8,5
Barrio Bolivar	2	17	18	7,0	6,3	68	4,5	8,8	29	140	50	25	0,2	0,4	189	262	2,8
Cancha Barrio	1	17	16	6,8	6,8	70	4,9	10	16	295	62	31	0,3	0,5	94	110	7,9
Pandiguando	2	19	18	6,9	7,2	78	4,5	9,5	19	154	70	35	0,4	0,5	123	190	2,7
50 m. Antes Confluencia	1	16,6	17	6,6	6,5	70	4,6	9,0	12	325	70	35	1,0	1,5	99	116	7,6
con el Río Ejido	2	20	18	7,1	6,3	65	3,5	9,4	23	140	88	44	0,4	0,6	154	191	1,8

1 Muestreo en época de Invierno

2 Muestreo en época de Verano

Como era de esperarse, la concentración de oxígeno disuelto al igual que el porcentaje de saturación de oxígeno disminuye a medida que el río pasa por la zona urbana de la ciudad (Figura 14), presentando en la estación 1 la mayor concentración de oxígeno 9.9mg/l, debido a que hasta aquí todavía se conserva el estado natural del río, con un caudal de 9.38 m³/s permitiéndole el intercambio de oxígeno disuelto con la atmósfera. Existe buena vegetación ribereña (Véase capítulo 4.2.3) sin presencia acentuada de vertimiento de aguas residuales, el sistema presenta transparencia permitiendo buena penetración lumínica, manteniendo alta productividad y flujo de energía dentro del ecosistema. Esta transparencia se afecta en época de invierno debido a la velocidad y caudal del río, arrastrando gran cantidad de sólidos suspendidos y material alóctono, proveniente posiblemente de la tala de bosque primario y circundante, por lo que el valor de turbiedad se eleva considerablemente de 140 NTU hasta 325 NTU (Figura 16).

La estación 2 presenta valores de oxígeno similares al anterior, en época de invierno valores de 8.8mg/l son óptimos para la biota acuática, pero a diferencia del primer punto este dato se debe más al intercambio de oxígeno con la atmósfera y al caudal que a actividades fotosintéticas, teniendo en cuenta que los valores de turbiedad son altos (250 NTU) por la extracción de materiales que se presenta.

Las estaciones anteriores se encuentran dentro de los valores normales de oxígeno disuelto, puesto que tanto en las de bajo y alto régimen pluviométrico presentan valores superiores al 80% de saturación de oxígeno el cual es el valor mínimo óptimo Roldan¹².

En las estaciones 3, 4 y 5 los valores de oxígeno disuelto obtenidos en época de verano fueron de 6.3, 7.2 y 6.3mg/l respectivamente, mostrando un déficit de este componente en el cuerpo de agua debido a que su porcentaje de saturación es menor al 80% y alcanza a llegar al 65% en la última estación, este descenso gradual se relaciona directamente con los altos valores de turbiedad, sin olvidar que el río es usado como receptor de materia orgánica

¹² ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamentos de Limnología Neotropical, 1992, p65

y extracción de material aluvial en el último punto. Los valores de turbiedad están provocando baja productividad y afectando la actividad respiratoria de los organismos aeróbicos que allí habitan.

En cuanto a la concentración de dióxido de carbono, los valores encontrados corresponden a procesos de respiración y oxidación por descomposición de materia orgánica. En las estaciones 3, 4 y 5 (Figura 14) la variación no es tan marcada, debido a que se encontraron valores entre 4.5 y 5.5mg/l, estos datos sobrepasan los valores máximos aceptados para agua potable, los cuales no deben sobrepasar los 3.5mg/l, según el Ministerio de Salud, decreto 1594/84. En estas tres estaciones se presentó una relación inversa que existe entre la concentración de oxígeno y dióxido de carbono, debido posiblemente al vertimiento directo de aguas negras y desechos sólidos provenientes de los asentamientos humanos dentro de la zona de amortiguación del río, produciendo mayor cantidad de CO₂ por respiración y degradación de materia orgánica, generando mayor consumo de oxígeno y disminución de éste.

Al relacionar la temperatura ambiente con la hídrica, los datos obtenidos no muestran variaciones drásticas, por lo que se puede decir que este parámetro se mantiene constante en cada época de muestreo, favoreciendo la producción de la biota acuática existente.

En cuanto al pH, los valores encontrados en las estaciones de muestreo están determinados por reacciones químicas, presencia de sólidos suspendidos totales y sobretodo a procesos de respiración debido a la oxidación por degradación de materia orgánica; siendo estos últimos los causantes de un pH ligeramente ácido en los puntos 3, 4 y 5 en donde se encontraron valores mínimos de 6.5, 6.8 y 6.6 respectivamente, siendo los lugares con mayor actividad antrópica (Figura 15).

En la segunda estación, se encontró un pH neutro tendiendo a ser ligeramente ácido debido seguramente a la producción de CO₂ generada por la respiración, que en el agua se convierte en ácido carbónico (H₂CO₃), el cual tiende a neutralizarse mediante la formación de bicarbonatos y carbonatos. (Roldan, 1992). Este parámetro se relaciona con los valores

de acidez obtenidos, los cuales se dan en función de la concentración de dióxido de carbono disuelto en el agua y a la acumulación de materia orgánica en descomposición. Este incremento en la acidez disminuye considerablemente la productividad primaria, causando cambios en cuanto a la estructura y composición de las diferentes especies encontrada de macroinvertebrados.

Teniendo en cuenta la relación existente entre el pH y la alcalinidad se puede deducir que los valores encontrados se deben a la presencia de bicarbonatos en suspensión, debido a la naturaleza del sustrato en los primeros sitios de muestreo y por sedimentación de materia orgánica en las estaciones, tendiendo a disminuir la acidez existente.

En general, los datos obtenidos para pH, acidez y alcalinidad a lo largo del área de estudio muestran un ecosistema que tiende a mantenerse dentro de las condiciones normales, ya que el pH tiende a ser neutro, manteniéndose la acidez (que en este caso se da por la presencia de CO₂) por debajo de la alcalinidad (Figura 15) impidiendo que el medio se acidifique o basidifique mediante el sistema buffer, dióxido de carbono, bicarbonato-carbonato, lo que indica que no hay incidencia de acidez mineral.

Los sólidos disueltos totales y la conductividad de este ecosistema se deben básicamente a dos actividades: inicialmente a la extracción de materiales de arrastre y a la descarga de materia orgánica. Los valores máximos obtenidos en la conductividad en las estaciones 1, 2 y 3 (35 μ Mhos/cm, 45 μ Mhos/cm, 50 μ Mhos/cm respectivamente) se encuentran dentro de los parámetros normales (Ibid., p. 254.), indicando que hay bajas tasas de degradación, mediana productividad y diversidad de especies. Estos parámetros se deben en gran parte a la extracción y arrastre de materiales. Las estaciones siguientes presentan valores por encima del nivel normal (E4 70 μ Mhos/cm y E5 88 μ Mhos/cm), indicando que existe mayor cantidad de iones debido al incremento de materia orgánica y que se puede reflejar a mediano plazo en la tendencia a la eutroficación en la estación 5; lo que se demuestra con el tipo de macroinvertebrados hallados en este punto.

Los resultados de conductividad muestran como van aumentando progresivamente, sobre todo en época de verano, los valores desde la E₁ hasta la E₅ (Figura 16), manteniéndose hasta la E₃ dentro de los valores normales (30-60µMhos/cm) según Roldan⁹, mientras que las estaciones 4 y 5 presentan un incremento hasta de 90µMhos/cm indicando un aumento en la cantidad de iones; y por lo tanto, una tendencia a la eutroficación, este incremento se debe posiblemente a que es un sector en donde se aumenta el vertimiento directo de aguas residuales y uso doméstico, generando una mayor productividad debido a la materia orgánica presente. Hay baja diversidad de especies y por lo tanto alteración del metabolismo acuático tendiendo a la eutroficación por acumulación de nutrientes en la E₅ del río.

El aumento de la conductividad de las estaciones 1 a 3 se debe posiblemente al arrastre de nutrientes de naturaleza geoquímica debido a fenómenos como la erosión del cauce, escorrentía por lluvias, arrastre de sedimentos como también a materia orgánica en descomposición. Los resultados obtenidos en la conductividad se relacionan con los sólidos totales disueltos (Figura 16), mostrando un incremento en la cantidad de sustancias tanto de origen orgánico como inorgánico a medida que el río pasa por la zona urbana de Popayán, estas sustancias se producen posiblemente a la oxidación de materia orgánica sobre todo en las estaciones 4 y 5, por lo tanto son parámetros que se relacionan directamente con la DBO₅ y DQO.

Con respecto a la relación de DBO₅ - DQO, los resultados obtenidos muestran cómo tienden a un aumento gradual a medida que el río pasa por la zona urbana de Popayán (de la estación 1 a la estación 5, (Figura 17). El menor valor para estos parámetros es de 10mg/l en la estación 1, en época de verano como de invierno, los picos más altos se presentan en verano en la estación 3; donde la DQO tiene un valor de 262mg/l y la DBO₅ de 189mg/l (Figura 17), debido a que es un sector en donde se están vertiendo aguas residuales del hospital San José, de las viviendas ribereñas y los desechos de la galería del barrio Bolívar, produciendo un aumento de materia orgánica como también una mayor degradación y oxidación de la misma. Esta degradación requiere de un considerable

consumo de oxígeno por parte de microorganismos, lo cual se ve reflejado en la disminución del porcentaje de saturación de oxígeno a un 65% indicando un déficit y alto grado de oxidación. Aparentemente entre las estaciones 3 y 4 en época de alto régimen pluviométrico, el río presenta una recuperación, puesto que los valores para estos parámetros disminuyeron un poco (Cuadro 3), puede ser por la efectividad del colector de aguas residuales, lo que disminuye el vertido directo de las mismas, provenientes de todas las viviendas ubicadas en este sector. Esto se puede afirmar ya que en la estación 4 desemboca directamente el colector de aguas residuales generando un aumento en la DBO_5 Y DQO (Figura 17), al igual que en la estación 5 el río presenta un alto grado de materia orgánica en proceso de degradación y oxidación, tendiendo a la eutroficación del río.

4.1.7.3 GRAFICOS DE PARÁMETROS FISICO - QUIMICOS

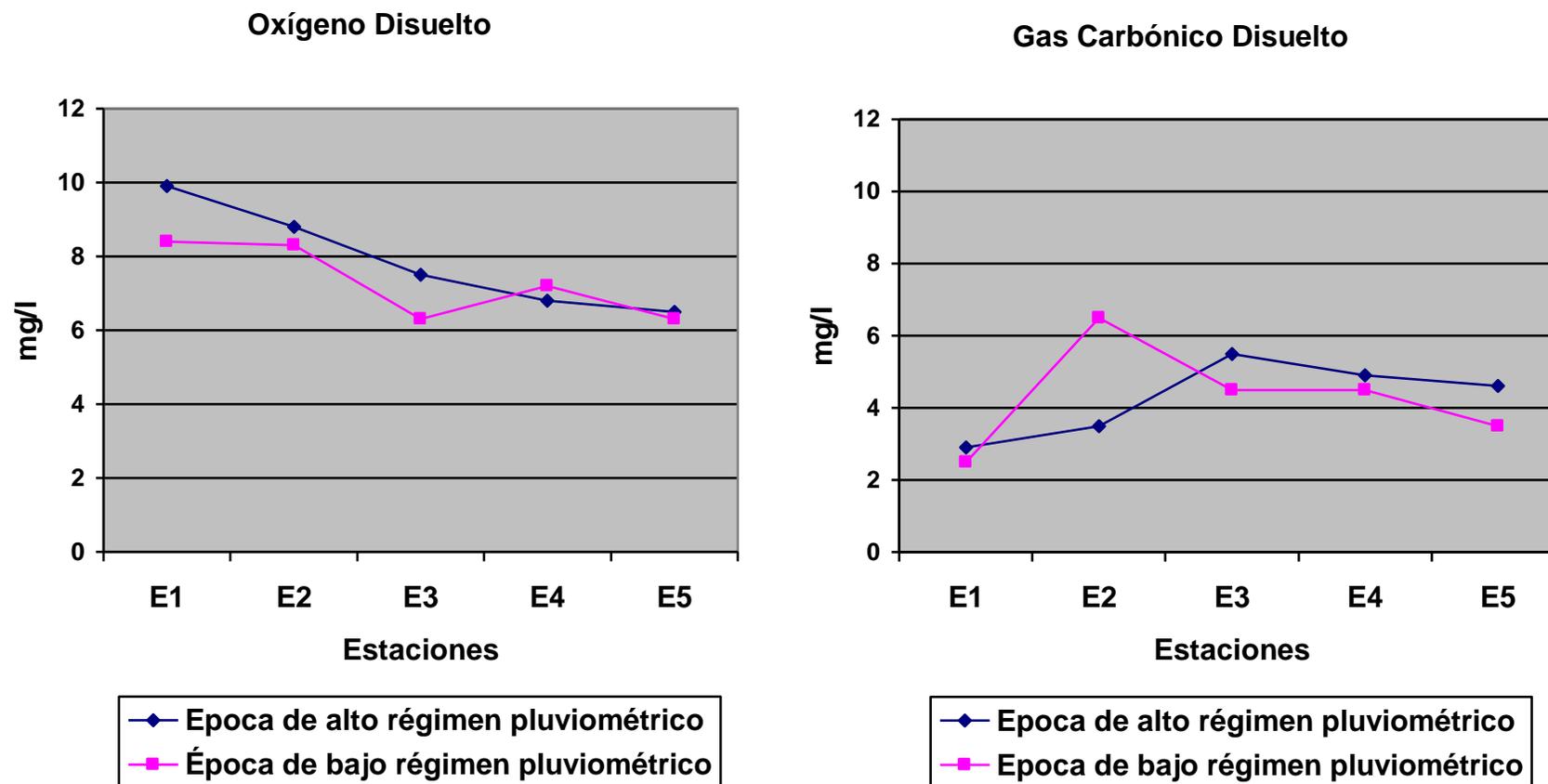


Figura 14. Análisis Físico – Químico. Oxígeno Disuelto y Gas Carbónico Disuelto

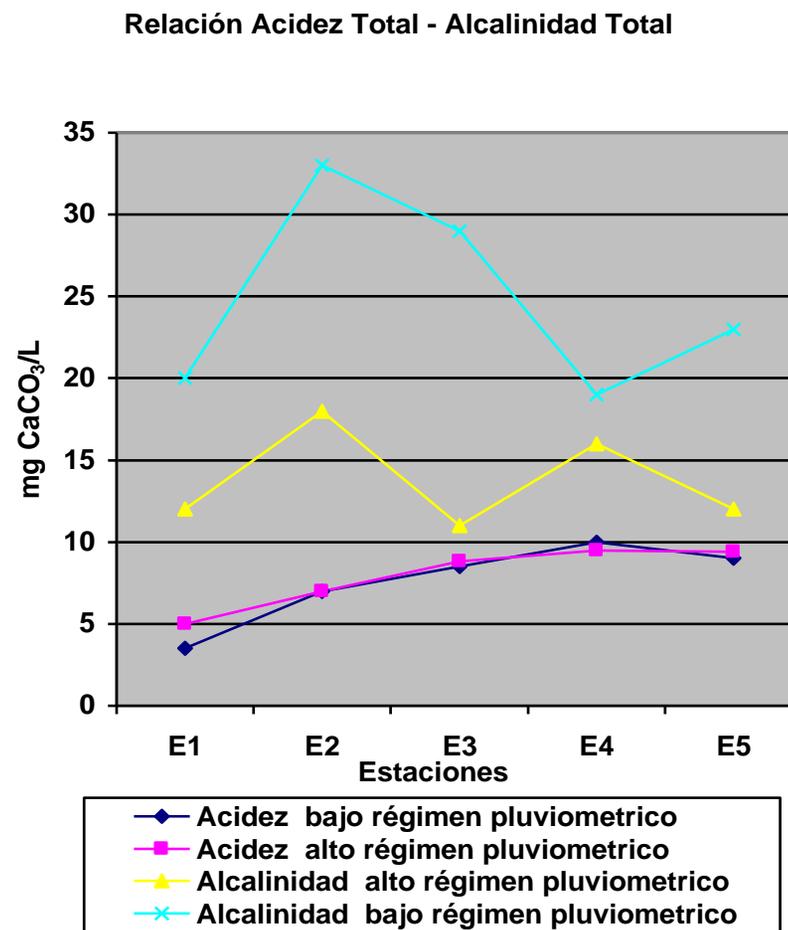
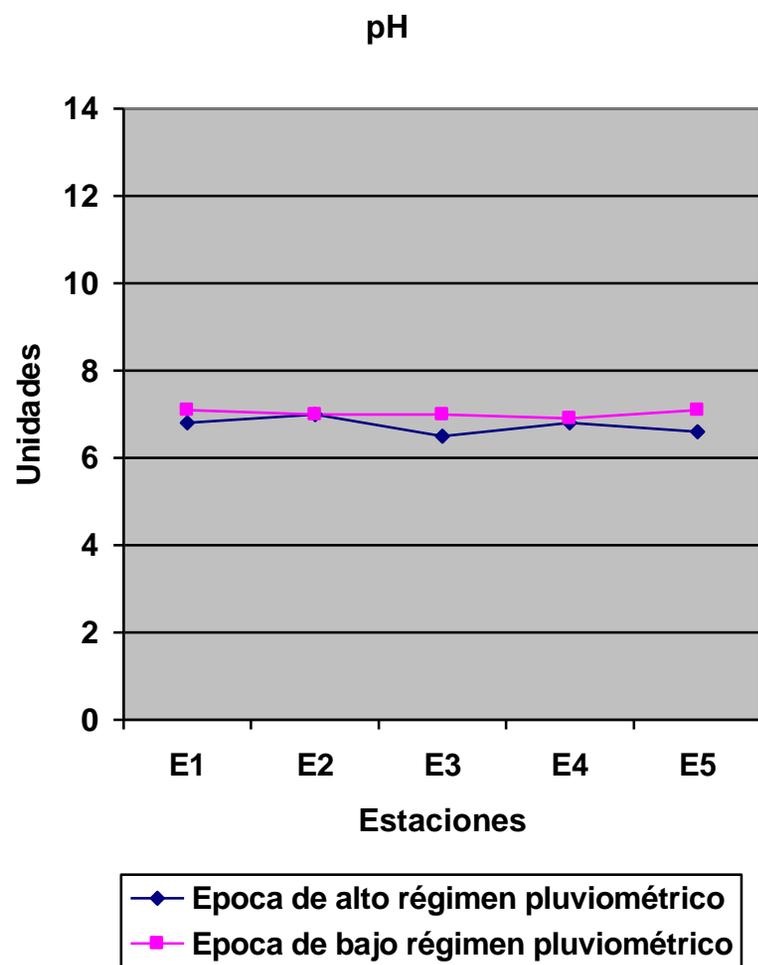


Figura 15. Análisis Físico – Químico. pH y Relación entre Acidez Total y Alcalinidad Total.

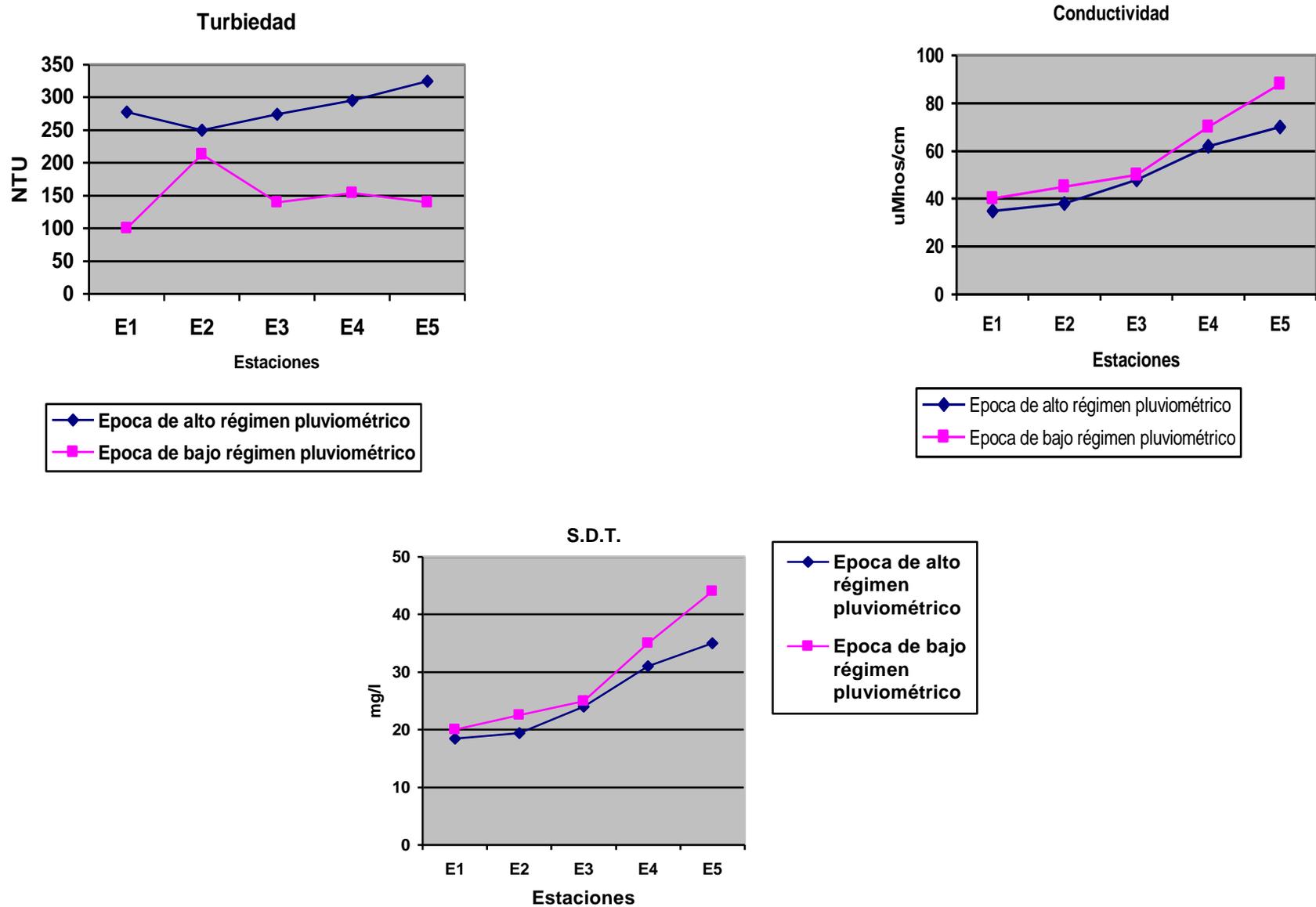


Figura 16. Análisis Físico - Químico. Relación entre Turbiedad - Conductividad - TDS

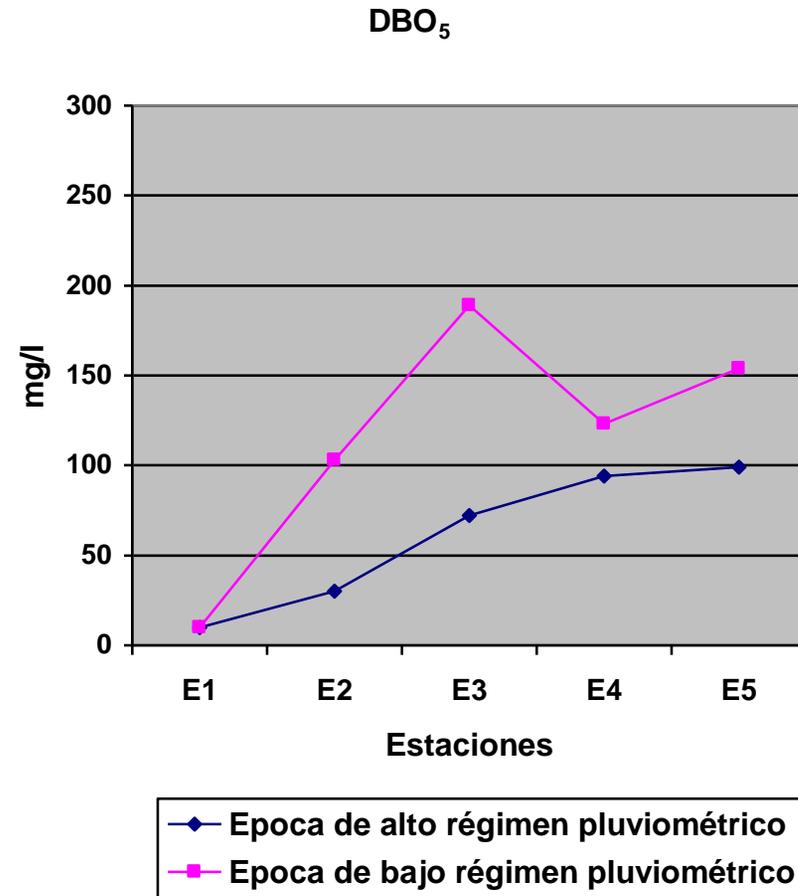
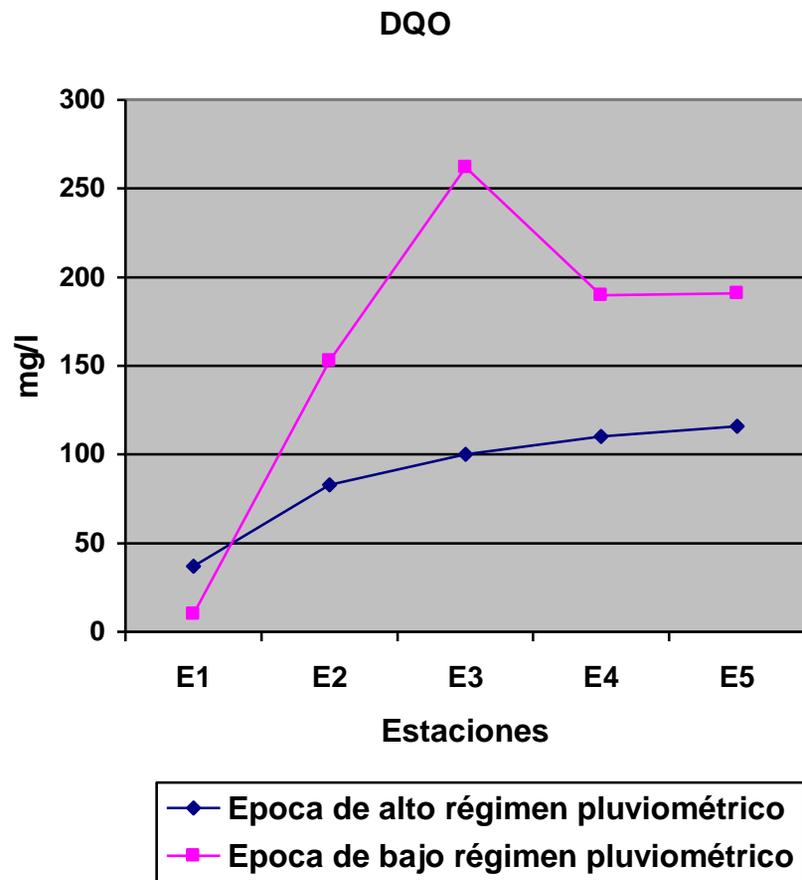


Figura 17. Análisis Físico - Químico. Relación DQO - DBO₅

4.1.8 Procesos Geofísicos: Procesos como la erosión, inundaciones, alteración del cauce son factores que pueden producir impactos indeseables sobre el suelo, impactos que pueden ser de origen natural como también por actividades humanas; obviamente la gravedad de los impactos generados por dichos procesos están muy ligados a las características geológicas que presenta el área de estudio, como ya se referenció el suelo de este sector presenta una alta inestabilidad, lo que se ve reflejado a lo largo del trayecto del río en Popayán en donde se observa a orillas de este terrenos erosionados como también se ha podido observar en repetidas ocasiones inundaciones en varios sitios de la ciudad.

La ocupación humana, iniciada por la deforestación y seguida por el cultivo de la tierra, que en muchos casos superan las capacidades de la tierra; formación de caminos quitando la capa vegetal protectora, creación y expansión de los pueblos y ciudades sobre todo cuando se efectúa de modo inadecuado, constituye el factor decisivo del origen y aceleración de los procesos erosivos. El uso inadecuado del suelo produce erosión y a su vez sedimentos, los cuales pueden destruir suelos fértiles y provocar sedimentación de los cursos de agua, trayendo consigo impactos en el medio ambiente, provocando crecientes, alteración de la vida acuática, deteriorando la calidad del agua y generando perjuicios para el abastecimiento de la misma.

La cobertura vegetal es la defensa natural de un terreno contra la erosión, ya que protege del impacto directo de las gotas de lluvia, dispersa la energía del agua de escurrimiento superficial; aumento de la infiltración por la producción de poros en el suelo por acción de las raíces, ayudando a la capacidad de retención de agua por efecto de la producción e incorporación de materia orgánica.

La erosión que es definida como el proceso de meteorización de las rocas y arrastre de suelo por la acción de agentes naturales y antrópicos; tiene su importancia puesto que su análisis permite detectar zonas donde los procesos de degradación del suelo se encuentran más avanzados, lo que permite identificar los lugares mas sensibles a la erosión, para este caso en particular el tipo de erosión que se esta presentando se clasifica como hídrica(causada por la desintegración y transporte de partículas del suelo por la acción del agua) (Foto 2), erosión antrópica cuya intensidad, siendo superior a la de la formación del

suelo, no permite su recuperación natural, la cual es causada por actividades humanas como urbanismo, tala o cambio de vegetación ribereña, (Foto 3) y erosión por gravedad (determinada por las fuerzas de atracción hacia el centro de la tierra), siendo las dos primeras las que se presentan con mayor frecuencia.

En el área de trabajo se observa que la cobertura vegetal original ha sido alterada drásticamente, ya que se ve poco de esta, en la zona 1 por ejemplo el helecho marranero (*Pteridium arachnoideum*) domina un buen sector marginal del río, en las zonas restantes se observa erosión antrópica, debido a las actividades realizadas por personas que trabajan con la extracción de materiales, cultivos de pan coger; construcción de casas, caminos, microempresas (ladrilleras) cambiando el uso del suelo y la vegetación existente. La ciudad se instaló cerca al río, alterándolo y generando erosión del suelo e hídrica, formación de sedimentos, derrumbes, alteración del cauce del río y condiciones físico-químicas regulares.



Foto 2. Erosión hídrica. Puente la viuda. Barrio Cadillal.



Foto 3. Erosión antrópica. La Maria occidente “antes de confluencia del río Molino con el Ejido”.

Es común observar en algunos sitios erosión hídrica, ya que en ocasiones el caudal del río aumenta considerablemente, (debido a los cambios atmosféricos o al represamiento del agua por material alóctono), produciendo un impacto negativo en el suelo; es el caso de la erosión que se presenta en el sector de Tulcán y la cancha del barrio Bolívar a ambos lados del cauce (Foto 4), este impacto estaba afectando considerablemente al CDU (Centro Deportivo Universitario) de Tulcán, puesto que la erosión hídrica se estaba llevando parte de la zona verde.



Foto 4. Centro Deportivo Universitario Tulcán. Universidad del Cauca

Actualmente este problema se corrigió mediante la construcción de gaviones (muros de contención) a base de piedra (Foto 5), evitando que el agua del río continuara llevando la zona verde de Tulcán; no sucede lo mismo al margen derecho del río (cancha y galería del barrio Bolívar) donde este problema se va agravando poco a poco.

La zona 3 no es ajena a este problema donde predomina la erosión hídrica, debido a acciones antrópicas debido a que es un sector en donde hay mayor presencia de viviendas cerca al cauce del río, lo que obviamente a provocado la pérdida o disminución de la vegetación ribereña, reemplazándola en la mayoría de los casos por el patio de la casa y por lo tanto se ha incrementado el daño provocado por la erosión.

En el caso de la zona 4 este fenómeno disminuye considerablemente en comparación con las dos zonas anteriores, debido posiblemente a que la vegetación ribereña se encuentra con mayor frecuencia.



Foto 5. Centro Deportivo Universitario Tulcán. Muros de contención. Universidad del Cauca.

En el caso de las inundaciones, según la encuesta realizada (Anexo D) un 85% de las personas que habitan en el área de influencia afirman haber sido víctimas en varias ocasiones de desbordamientos del río, este caso a sido común en las 4 zonas de estudio, pero ha sido más frecuente y con mayor intensidad en la zona 2 y 3, como es el caso de los barrios Pueblillo, Bolívar, San Francisco y Cadillal; muchas personas coinciden en afirmar que cada 5 años se han venido presentando graves casos de desbordamientos e inundaciones, afectando sobre todo zonas aledañas a la galería del barrio Bolívar. Este problema se presenta debido a que Popayán se encuentra ubicado en una planicie donde la pendiente es casi nula y por lo tanto es un área que está sujeta a deslizamientos e inundaciones.

Vale la pena tener en cuenta que el problema de los desbordamientos trae consigo otro impacto negativo sobre la salud de las personas y es el de las epidemias, como es un río de malas condiciones sanitarias, generan la proliferación de muchos tipos de vectores que puede afectar directa o indirectamente a los habitantes ribereños.

Es importante mencionar que todos estos impactos negativos que se presentan son consecuencia de un problema mayor, como es la invasión de riberas, el 100% de las personas afectadas por inundaciones tienen sus viviendas ubicadas a menos de 30m. del cauce, en muchos casos están ubicadas tan solo a 5m. como es en el barrio San Francisco(Contiguo a Cedelca).

La alteración del cauce es un proceso que se presenta con menor frecuencia en comparación con los dos anteriores; detectable al paso del río por el barrio Pueblillo, donde es común observar barreras (represas) hechas con guadua, las cuales son utilizadas para retener el material que arrastra el río como arena y grava, para después ser extraído por las personas que viven de esta fuente de trabajo, esto hace que la velocidad del agua disminuya y por lo tanto descienda el intercambio de oxígeno con la atmósfera, también puede provocar el estancamiento del agua en época de verano donde el caudal puede disminuir generando proliferación de insectos.

Otro tipo de alteración del cauce se presenta en un tramo del río a la altura del parque Mosquera, donde fue canalizado, causando un grave daño a la fauna bentónica que allí habitaba, dejándola sin un sustrato sobre el cual vivir.

Es evidente que estos procesos geofísicos están causando impactos negativos sobre varios indicadores como el suelo del cauce y riberas del río, fauna bentónica y el componente antrópico; paradójicamente los resultados generados por estos procesos son recíprocos a diferentes actividades que el hombre ha ido realizando sin pensar en el futuro y que actualmente como respuesta del medio, esta siendo afectando directa o indirectamente.

4.2 COMPONENTE BIOTICO

La caracterización de este factor se realizó, teniendo en cuenta indicadores que están muy relacionados con el río y a su área de influencia, estos indicadores son: diversidad de fauna bentónica, análisis bacteriológico y diversidad de vegetación, obteniendo los siguientes resultados:

4.2.1 Fauna Bentónica: Para determinar la diversidad existente de macroinvertebrados en el río se hicieron dos muestreos, uno en época de invierno y otro en verano (cuadro 4), como también se hizo una comparación de los datos obtenidos con otros de trabajos realizados anteriormente por autores como Zamora, Hildier. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos en esta evaluación:

Cuadro 4. Estructura de la Comunidad de Macroinvertebrados colectados entre el año 1999 - 2000

MACROINVERTEBRADOS		Estaciones Primer Muestreo					Estaciones Segundo Muestreo					BIOINDICACION	Puntos Indice
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5		BMWP
Phylum	Artrópoda												
Clase	Insecta												
Orden	Ephemeroptera												
Familia	Baetidae												
Genero	<i>Baetis sp.</i>	26					15					Oligotrófico	6
	<i>Baetodes sp.</i>						35	33	11			Oligotrófico	6
	<i>Dactylobaetis</i>								11			Oligotrófico	6
	<i>Moribaetis</i>	23					11					Oligotrófico	6
Familia	Trycorythidae												
Genero	<i>Leptohyphes</i>						17					Oligo - Mesotrófico	7
Familia	Leptophlebiidae												
Genero	<i>Thraulodes</i>	169						11				Oligotrófico	9
Orden	Coleoptera												
Familia	Ptilodactylidae												
Genero	<i>Anchytarsus</i>		22					11				Oligo - Mesotrófico	8
Familia	Psephenidae												
Genero	<i>Psephenops</i>		21									Oligo - Mesotrófico	9
Familia	Elmidae												
Genero	<i>Cylloepus</i>	17										Oligotrófico	7
Orden	Diptera												
Familia	Chironomidae												
Genero	<i>Chironomus</i>			80	55	375			70		93	Meso - eutrófico	2
Familia	Empidae												
Genero	<i>Chelifera</i>								11			Oligo - Mesotrófico	7
Familia	Syrphidae												
Genero	<i>Eristalis</i>					12						Eutrófica	1
Familia	Muscidae												
Genero	<i>Limnophora</i>			21					11			Oligo - Mesotrófico	7

Continuación Cuadro 4. Estructura de macroinvertebrados colectados entre el año 1999 - 2000

MACROINVERTEBRADOS		Estaciones Primer Muestreo					Estaciones Segundo Muestreo					BIOINDICACION	Puntos Indice BMWP	
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5			
Familia	Pharoceridae													
Genero	<i>Limonicola</i>						11	11					Oligotrófica	9
Familia	Simuliidae													
Genero	<i>Simulium</i>							12					Oligotrófica	9
Familia	Tipulidae													
Genero	<i>Tipula</i>		21				11	11	11			10	Meso - eutrófica	4
Orden	Neuroptera													
Familia	Corydalidae													
Genero	<i>Corydalus</i>	24					23	21	14				Oligotrófica	6
Orden	Odonata													
Familia	Coenagrionidae													
Genero	<i>Argia</i>		11										Oligomesotrófica	8
Familia	Aeshnidae													
Genero	<i>Aeshna</i>		11										Mesotrófica	5
Familia	Libellulidae													
Genero	<i>Macrothemis</i>		12	24									Oligomesotrófica	6
	<i>Dythemis</i>	10		21									Oligotrófica	6
Familia	Calopterygidae													
Genero	<i>Hetaerina</i>								12				Oligo - Mesotrófico	8
Orden	Plecoptera													
Familia	Perlidae													
Genero	<i>Anacroneuria</i>	29					12						Oligotrófico	10
Orden	Trichoptera													
Familia	Hydrobiosidae													
Genero	<i>Atopsyche</i>						11	12					Oligotrófico	9
Familia	Helicopsychidae													
Genero	<i>Helicopsyche</i>	23											Oligo - Mesotrófico	8
Familia	Hydropsychidae													
Genero	<i>Leptonema</i>	34	22				57	18					Oligo - eutrófico	6
	<i>Smicridea</i>						37	18					Oligo - eutrófico	6

Continuación Cuadro 4. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados colectados entre el año 1999 - 2000

MACROINVERTEBRADOS		Estaciones Primer Muestreo					Estaciones Segundo Muestreo					BIOINDICACION	Puntos Indice BMWP
		E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5		
Phylum	Anélida												
Clase	Oligochaeta												
Orden	Haplotaxida												
Familia	Tubificidae												
Genero	<i>Tubifex</i>				50	45			45		45	Eutrófica	2
Clase	Hirudinea												
Orden	Glossiphoniiformes												
Familia	Glossiphoniidae												
Genero	<i>Placobdella</i>					3					2	Eutrófica	2
Phylum	Mollusca												
Clase	Gastropoda												
Orden	Bassomatophora												
Familia	Physidae												
Genero	<i>Physa</i>			47	24						10	Meso - eutrófica	2
TOTAL (N)		355	120	193	129	435	240	158	196		160		
Indice de Diversidad		1,8	1,9	1,4	1	0,5	2,24	2,22	1,87		1		
% de Bioindicación		61	64	60	66	100	63	60	66		60		
		O - M	O - M	O - M	M - E	E	O	O	O - M		M - E		
Indice Biológico BMWP¹		III	IV	V	VI	VI	III	III	IV		IV		

¹ Biological Monitoring Working Party Score System)

Primer Muestreo: Verano

Segundo Muestreo: Invierno

Cuadro 5. Resumen total de cada uno de los taxa en los puntos de muestreo.

	Primer muestreo					Total 1°	Segundo Muestro					Total 2°
	E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E4	
Phylla	1	1	2	3	2	3	1	1	2	-	3	3
Clases	1	1	2	3	3	4	1	1	2	-	4	4
Ordenes	6	4	3	3	3	10	5	5	5	-	4	10
Géneros	9	7	5	3	4	20	11	10	9	-	5	22
ni	355	120	193	129	435	1232	240	158	196	-	160	754

Cuadro 6. Evaluación Integral en Porcentaje de la Calidad Ambiental del primer muestreo.

Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5
Características					
Bioindicación	61	64	60	66	100
Indice de diversidad	35	38	29	20	10
Densidad de Población	100	48	77	51	100
Estructura de Comunidad	30	23	16	10	13
Promedio	56	43	45	36	55

Cuadro 7. Evaluación Integral en Porcentaje de la Calidad Ambiental del segundo muestreo

Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5
Características					
Bioindicación	63	60	66	-	60
Indice de diversidad	45	44	37	-	21
Densidad de Población	96	63	78	-	64
Estructura de Comunidad	37	33	30	-	17
Promedio	60	50	53	-	40

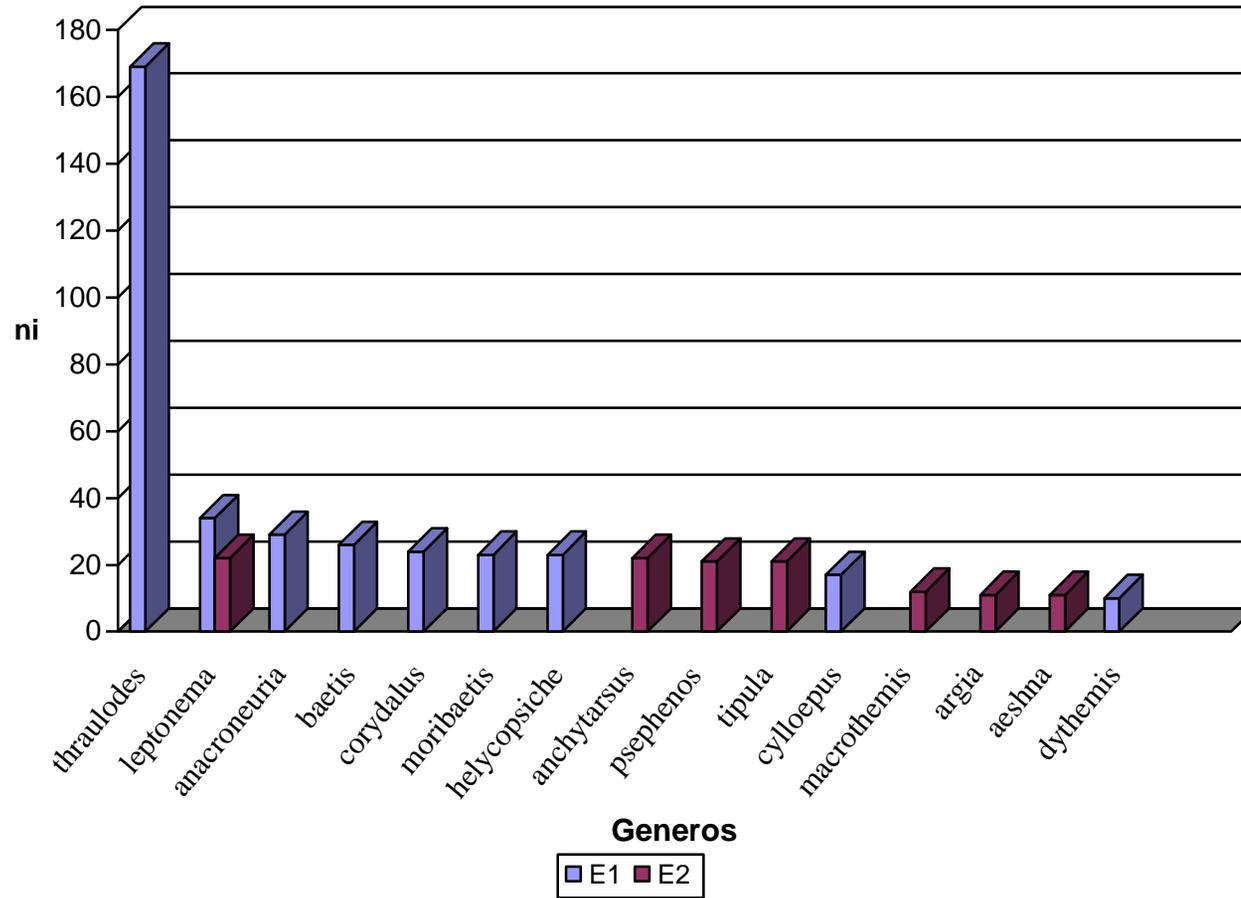


Figura 18. Estructura de la comunidad según los géneros colectados en las estaciones E1 y E2 en el primer muestreo

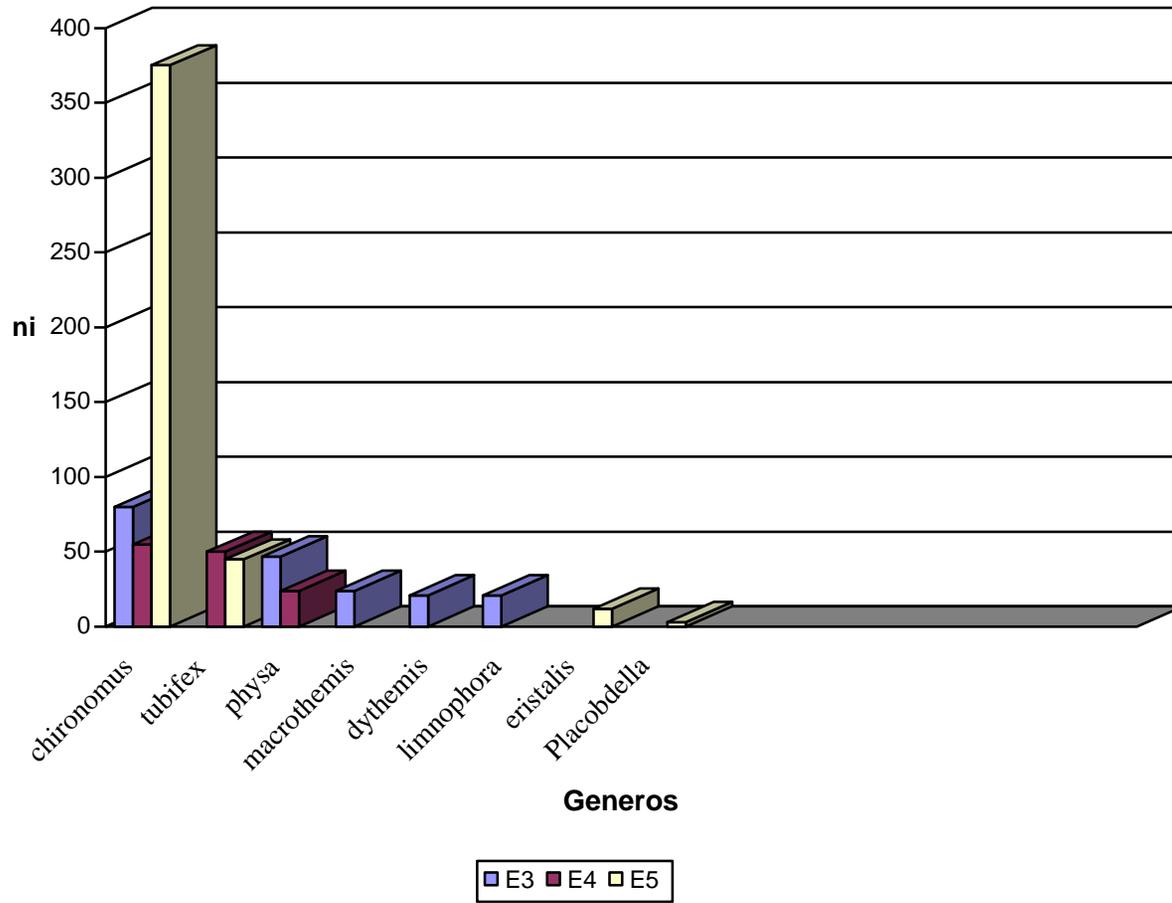


Figura 19. Estructura de comunidades según los géneros colectados en las estaciones E3, E4 y E5.

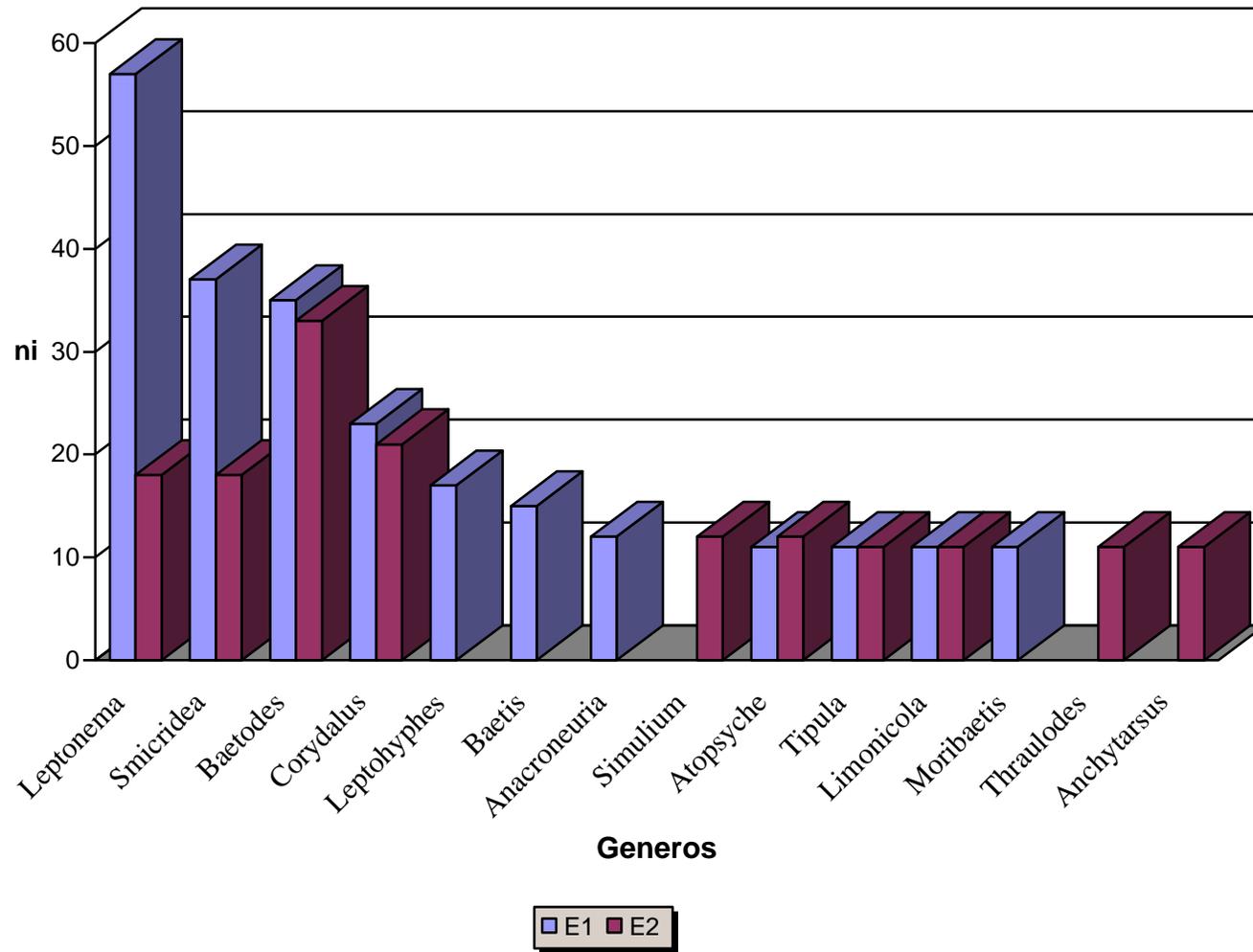


Figura 20. Estructura de comunidades según los géneros colectados en el segundo muestreo en las estaciones E1 y E2.

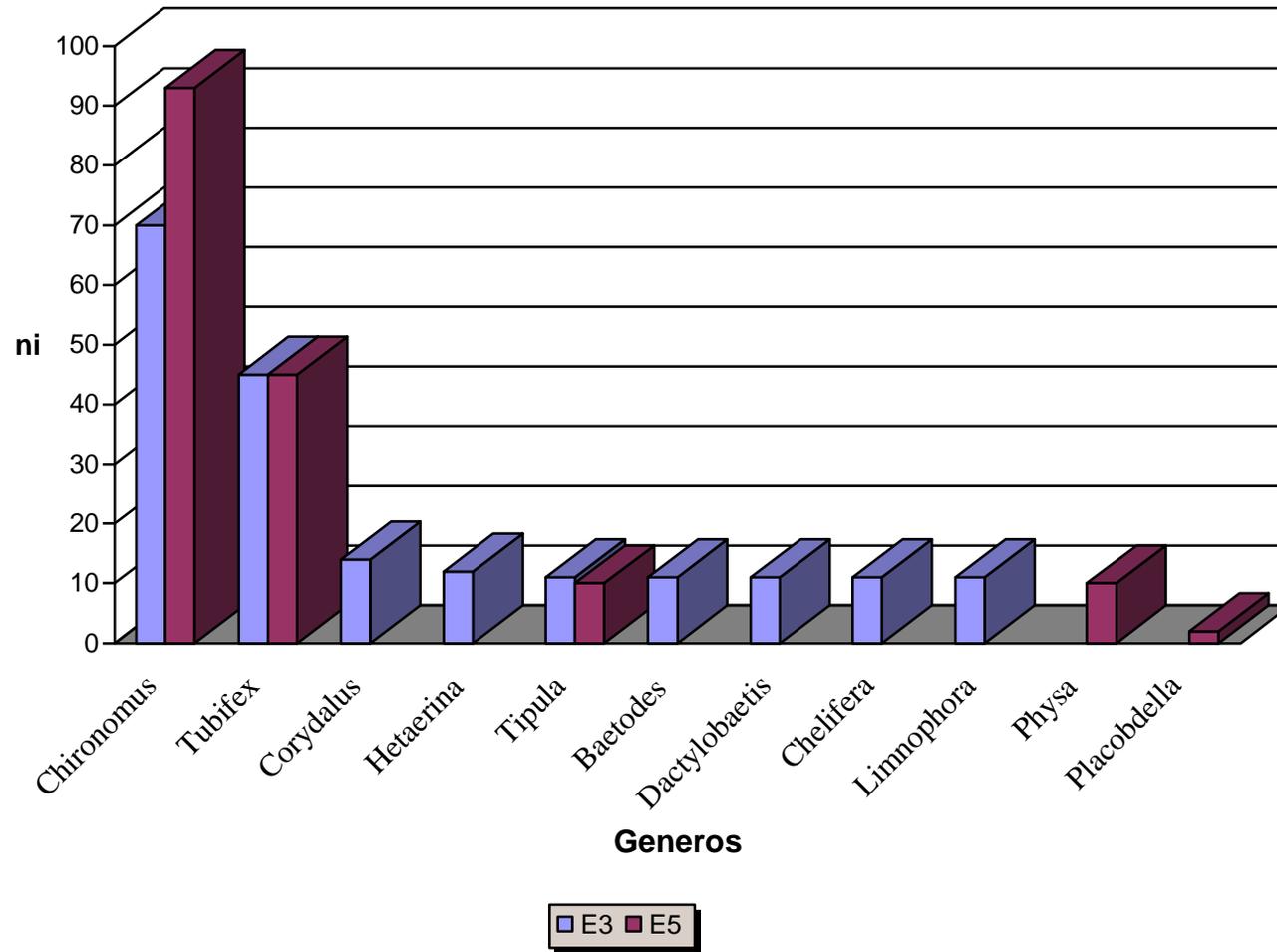


Figura 21. Estructura de comunidades según los géneros colectados en el segundo muestreo en las estaciones E3 y E5.

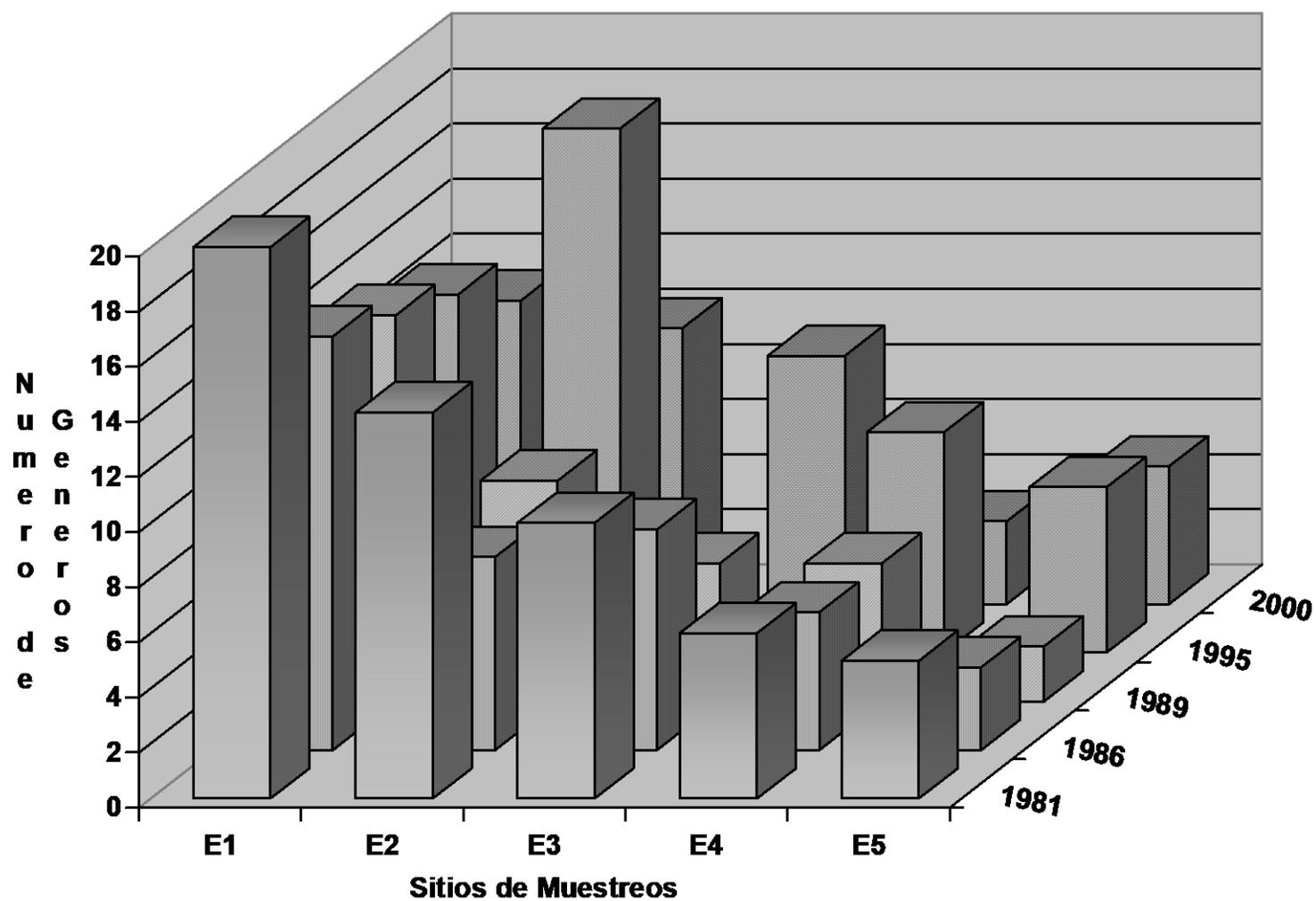


Figura 22. Número de Géneros de Macroinvertebrados acuáticos colectados en el Río molino, en los años 1981,1986,1989,1995,2000.

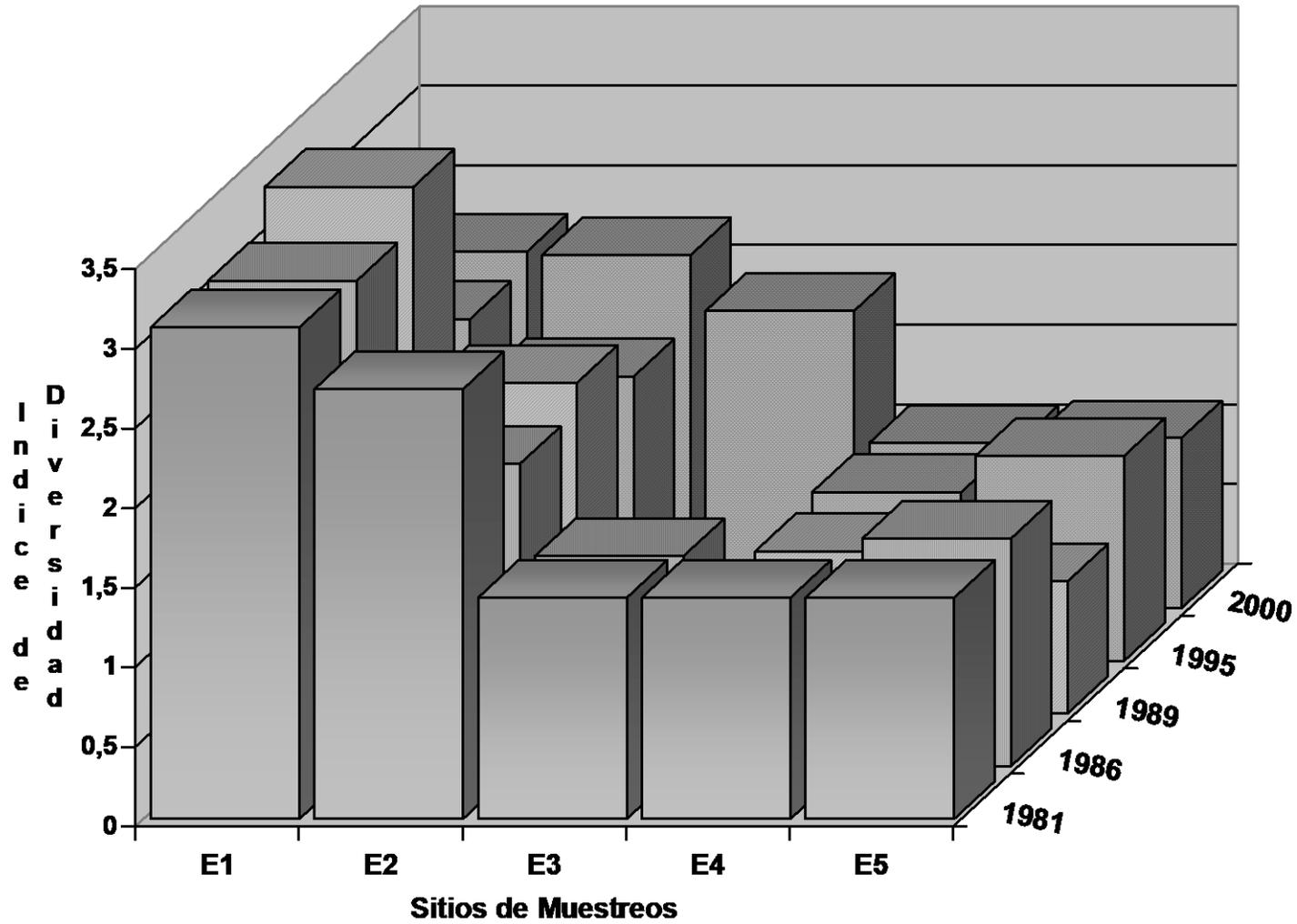


Figura 23. Variaciones del índice de diversidad en las estaciones E1,E2,E4,E5 en los años 1981,1986,1989,1995 y 2000.

Con base en los datos obtenidos en los dos muestreos realizados se pudo detectar las diferentes alteraciones y fluctuaciones que tiene la comunidad de macroinvertebrados en distintos puntos de este ecosistema, resultando trayectos del río con aguas de calidad biológica aceptable, contaminadas y fuertemente contaminadas.

1. Estación 1 “Bocatoma”: Este sector se caracteriza por la presencia de organismos indicadoras de aguas Oligo – Mesotróficas (Cuadro 4). En época de verano se colectaron 9 géneros mientras que en el segundo muestreo (invierno) se colectaron 11 géneros, los cuales indican que el agua comienza a ser afectada por diferentes actividades antrópicas; el índice de diversidad es bajo en época de verano debido a que un solo género es el dominante “thraulodes”, en época de invierno el índice de diversidad aumenta ya que son mas los géneros dominantes .

En cuanto a la calidad de agua de este sector según el índice BMWP se encuentra en clase III, lo que indica que son aguas de calidad biológica aceptable y con características medianamente contaminadas, posiblemente causado por actividades antrópicas como descargas de cañerías y/o extracción de material para construcción como arena y balastro, lo cual se ve reflejado en la disminución del número de géneros colectados y el valor del índice de diversidad, en comparación con valores obtenidos en trabajos realizados años atrás (Figura 22). El lecho del río es pedregoso con algunas zonas de remansos, de fondo arenoso y agua clara.

2. Estación 2 “Pueblillo”: Desde este punto el río presenta un cambio en cuanto a disminución de caudal, de vegetación típica ribereña y transparencia; las aguas claras y transparentes pasan a ser turbias y oscuras; con olor penetrante. Debido al incremento de actividades antrópicas, alterando el lecho natural del río, que poco a poco van aumentando y acentuando la contaminación de este, a medida que entra en la zona central de la ciudad; los efectos de estas actividades se ven reflejados en la comunidad de macroinvertebrados los cuales a diferencia del punto anterior han disminuido en cuanto a número de individuos y a géneros, desapareciendo organismos indicadores de aguas limpias y apareciendo algunos de aguas contaminadas.

En el Cuadro 4. se puede observar la disminución del número de géneros del primer muestreo en época de verano con respecto al segundo en invierno, como también la diferencia entre las estaciones 1 y 2; aunque entre estas el índice de diversidad es muy similar al igual que el porcentaje de bioindicación, el factor que marca la diferencia es la calidad ambiental y biológica del río que según el índice BMWP en este punto es de aguas clase IV en época de verano, que indica que esta agua es de calidad dudosa con características de contaminadas, obviamente se debe a que al haber mayor caudal y velocidad de corriente existe una auto recuperación más rápida.

En comparación con datos obtenidos en años anteriores el numero de géneros colectados ha disminuido aproximadamente en un 50% con relación al año 1995 (Figura 22), mientras que el valor de índice de diversidad se ha incrementado entre 1.5 y 2.0 (Figura 23) lo que indica una mediana diversidad en los últimos diez años.

3. Estación 3 “barrio Bolívar”: En este sector el agua presenta características de altos niveles de contaminación, gran cantidad de sólidos suspendidos, aumentando la turbiedad, detectándose olores desagradables, debido a la gran cantidad de aguas residuales domésticas y basuras que ha recibido hasta este punto, afectando la comunidad béntica, la cual cambió totalmente a organismos indicadores de aguas contaminadas como también disminuyó el número de géneros colectados, es por esto que la calidad ambiental es baja al igual que el índice de diversidad (Cuadro 6), lo que hace que la estructura de la comunidad no se adapte a la curva normal (Figura 19); en cuanto a la calidad biológica según el índice BMWP en este sector el agua es clase V lo que indica una calidad crítica con características de muy contaminadas, esta contaminación en su mayor parte es de tipo orgánico. En comparación con las estaciones anteriores el número de organismos colectados y el índice de diversidad ha reducido (Cuadro 5).

La cobertura vegetal ha disminuido considerablemente, la existente ha sido intervenida (cultivos) y hay escasa vegetación típica ribereña.

4. Estación “barrio Pandiguando”: En este punto el número de géneros a disminuido a tres, los cuales son organismos adaptados a medios Meso – Eutróficos, es decir que están indicando un alto grado de contaminación del cuerpo de agua debido especialmente a

desechos orgánicos y aguas residuales domésticas que están siendo vertidas por el colector que recoge las aguas de varios barrios cercanos al río y desemboca en este lugar.

En el Cuadro 4 y 6 se puede observar como ha disminuido la cantidad de organismos y el número de géneros colectados, por lo tanto el índice de diversidad bajó considerablemente lo que a su vez afecta la estructura de la comunidad que no se adapta a la curva normal (Figura 19).

Estas características hacen que el porcentaje de la calidad ambiental sea muy bajo (Cuadro 6), como también lo es el índice BMWP que clasifica dentro de su rango en la clase VI el agua de este sector; indicando esto que es de calidad muy crítica con características de aguas fuertemente contaminadas.

5. Estación “barrio La Maria” : En este punto se colectaron 4 y 5 géneros en el primer y segundo muestreo respectivamente (Cuadro 5), organismos que están indicando aguas de tipo Meso – Eutróficas con tendencia a ser Eutróficas. En este sector el agua baja muy turbia, con un olor penetrante y con muchos sólidos suspendidos; lo que indica las drásticas alteraciones de este cuerpo de agua, esto se ve reflejado en el tipo y número de organismos que allí se colectaron predominando los géneros *Tubifex* y *Chironomus*. Todas estas características hacen que el índice de diversidad sea el mas bajo de todas las estaciones y además que la estructura de la comunidad no se adapte a la curva normal (Figura 21).

En cuanto a el índice biológico BMWP este tipo de aguas pertenecen a la clase VI lo que indica aguas de calidad muy crítica con características de fuertemente contaminadas, en este punto a diferencia de la estación 4 que tiene la misma clase la contaminación no solo se debe a vertimientos de aguas residuales sino también a residuos de porquerizas que están ubicadas cerca de este río como también a actividades de extracción de material de arrastre (arena y grava) lo que hace que el caudal que lleva el río disminuya y además no haya un sustrato propicio como hábitat para los macroinvertebrados.

En comparación con muestreos realizados en años pasados el número de géneros colectados a disminuido, como también lo ha hecho el índice de diversidad (Figuras 23-22). Aunque no es mucha la diferencia entre los dos, sigue siendo el punto mas crítico en cuanto a

contaminación hídrica, se observa intervención en la cobertura vegetal (cultivos de pan coger), pero en gran parte se conserva la vegetación típica ribereña.

4.2.2 ANÁLISIS BACTERIOLOGICO

La contaminación por microorganismos acuáticos (bacterias) en este cuerpo de agua se debe básicamente a descargas directas de aguas residuales, es importante controlar el nivel de estos microorganismos patógenos puesto que son causantes de enfermedades infecciosas transmisibles por el agua al servir esta como vehículo, contaminación que puede ser por ingestión directa del líquido (ruta fecal – oral) o por contacto.¹³

El análisis bacteriológico se basó en determinar la presencia de coliformes en el cuerpo de agua para así compararlos con los criterios de calidad Bacteriológica estipulados en el decreto 1594 de 1984 (Cuadro 8) y determinar el uso del recurso para el consumo humano y doméstico.

Cuadro 8. Criterios de calidad bacteriológica según Decreto 1594/84.

Parámetro	NMP Coliformes Totales/100 ml	NMP Coliformes Fecales/100 ml
Art. 38 Trat. Convencional	20000	2000
Art. 39 Trat. Desinfección	1000	0
Art. 42 Trat. Primario	1000	200
Art. 43 Trat. Secund.	5000	0

¹³ Control de la contaminación hídrica de la ciudad de Popayán “Selección de tecnología para el tratamiento de agua residual”. Convenio Corporación Regional del Cauca, Universidad del valle y Cinara. Santiago de Cali 2000.

En el área de estudio se tomaron 5 muestras en diferentes puntos para su respectivo análisis bacteriológico así:

La Muestra 1 (Anexo E) tomada en la bocatoma del acueducto de Tulcán, lugar donde extrañamente se encontró 920 coliformes totales/100 ml y prueba positiva para coliformes fecales, en cuanto a los mesófilos se obtuvo 1140 ufc/ml valor que es muy alto teniendo en cuenta que el valor admisible para aguas de consumo humano es hasta 100 ufc/ml; este es un punto al cual se le debe prestar mucha atención, ya que esta agua es utilizada para consumo humano y uso doméstico.

La muestra 2 (Anexo F) tomada antes de comenzar el barrio de Pueblillo presenta un aumento en cuanto a NMP coliformes totales de > 2400 /ml, mientras que la cantidad de mesófilos disminuyó un poco (880ufc/ml), sin embargo estos son valores altos comparándolos con los valores admisibles, estos resultados se deben posiblemente a que las pocas casas que hasta este punto se encuentran, vierten sus aguas residuales directamente al río.

Muestra 3 (Anexo G) colectada al pasar el río por el puente del barrio Bolívar, como era de esperarse se encontró un aumento sustancial en cada uno de los parámetros analizados, así en coliformes totales aumentó a 920000/ml, mesófilos 32000 ufc/ml y positivo para coliformes fecales. Valores que se deben muy seguramente a que ha ido recibiendo aguas residuales de barrios como Pueblillo, Yanaconas, del hospital San José y los desechos de la galería del barrio Bolívar.

La Muestra 4 (Anexo H) tomada en el barrio Pandiguando metros antes de la desembocadura del colector derecho, el cual transporta gran cantidad de aguas residuales, razón por la cual los valores obtenidos son supremamente altos, comparados con lo establecido por el decreto 1594/84, es el caso de los coliformes totales 1600000/ml, en cuanto a coliformes fecales se confirma su presencia y de mesófilos el valor es de 59000ufc/ml, obviamente este tipo de aguas no es apta para consumo humano y de uso doméstico, ya que se podrían generar riesgos en la salud de los habitantes ribereños, porque contienen microorganismos patógenos.

La Muestra 5 (Anexo I) colectada 100 m. antes de la confluencia con el río Ejido, contrario a lo que se pensaba se encontraron resultados menores a los del punto anterior, siendo valores altos para los coliformes totales 140000/ml, mesófilos 30000ufc/ml y prueba positiva para coliformes fecales; muestra el río una recuperación entre el punto 4 y 5, pero sigue presente el riesgo de salud ya que en este sector un grupo de personas trabajan extrayendo materiales del río.

Con base en estos análisis bacteriológicos se deduce que este cuerpo de agua a medida que recorre la zona urbana de Popayán va presentando una alta contaminación por coliformes fecales y totales, en especial el punto 4, superando ampliamente el Decreto 1594/84 para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico (Art. 38 y 39), bien sea con tratamiento convencional o con desinfección únicamente, al igual que no sirve para uso recreativo por contacto primario o secundario (Art. 41 y 42).

Son evidentes los riesgos directos para la salud cuyas consecuencias son inmediatas, generadas por el vertimiento de aguas residuales crudas (Feachem y Cairncross, 1993), cerca de 53 enfermedades infecciosas están relacionadas con el agua (Convenio CRC – Univalle/ Cinara, 2000 et.al), entre ellas tenemos: Diarrea, ascariasis, infecciones con anquilostomas duodenales, trichuriasis etc. Se debe partir del hecho que las heces fecales de todos los seres humanos contienen microorganismos patógenos, los cuales tienen la capacidad de sobrevivir de diferente manera y en diferentes circunstancias.

Es de mucho interés este indicador puesto que en el área de estudio como se verá más adelante son muchas las personas que viven cerca al río y están expuestas al contacto directo con este cuerpo de agua, como las personas que trabajan sacando material aluvial y en especial los niños, que han visto afectada su salud con enfermedades como la amebiasis; es por esto importante tener en cuenta otros criterios (Cuadro 9) seguidos para el uso del agua utilizados por la OMS (1978)¹⁴.

¹⁴ Roldan Pérez Gabriel, Fundamentos de Limnología Neotropical. Ed. Universidad del Valle, Medellín 1992.

Cuadro 9. Criterios bacteriológicos para el uso del agua, según la OMS (1978).

Uso del agua	NMP de Coliformes/100 ml
*Para baño, natación y recreo	< de 200 y no podrá exceder esta cifra cuando están asociados con aguas negras.
*Sólo recreo (remo y pesca)	Hasta 1000
*Para agricultura	Hasta 5000 coliformes totales y 1000 fecales
*Para acuicultura	Hasta 230 coliformes totales y 43 coliformes fecales.

Finalmente se debe tener en cuenta que la importancia de este análisis no solo radica en la potabilidad del agua bien sea para uso doméstico, agrícola o industrial, sino que con valores muy altos de coliformes se tiene el riesgo de Eutroficación.

4.2.3 VEGETACION

La vegetación natural a lo largo de la zona de estudio se ve muy reducida, debido posiblemente a la intervención antrópica que se ha generado por el crecimiento de la ciudad. En el área de estudio el estrato dominante es el arbustivo, sobresaliendo en la zona e1 con porcentaje de cobertura vegetal del 39.5%. El estrato arbóreo ha disminuido por diferentes actividades antrópicas y en las zonas 2 y 4 ha sido remplazado por cultivos de pan coger.

Es así como en la zona 1 el estrato dominante para los dos márgenes del río(izquierdo y derecho) es el herbáceo, destacándose el *Melinis minutiflora* y la *Meriania speciosa* entre otros. A este estrato le sigue en importancia en el margen izquierdo el arbóreo no siendo así en el margen derecho, sobresaliendo en los dos márgenes el *Psidium guajava*, *Meriania speciosa* e *Inga sp*, etc (Figura 24).

En la zona 2, el estrato dominante es el herbáceo (Figura 26) encontrándose *Melinis minutiflora* y *Eleusine indica*, etc. Le siguen en importancia el arbóreo con especies como *Inga sp*, *Salix humboldtiano* y *Bambusa sp*, entre otros. Comenzándose a ver algunos cultivos de pan coger como *Hortia colombiana*, *Coffea arabica* y *Psidium guajava*.

En la zona tres se encontró que el estrato arbustivo es el dominante destacándose *Acmella ciliata*, *Hortia colombiana*, *Ricinus communis*, *Eragrostis patula*, siguiéndole en importancia el herbáceo, algunas especies como *Drimaria cordata*, *Melinis minutiflora*, *Eleusine indica* y *Hedychium coronarium*. Sigue el arbóreo con especies como *Quercus humboldtii* y *Eucaliptus sp*. Los cultivos de pan coger se hacen mas notorios y se encuentran dentro del área de influencia del río.

El estrato herbáceo es el dominante en la zona 4, destacándose las especies *Melinis minutiflora*, *Eragrostis patula* y *Hedychium coronarium*. El estrato arbóreo sigue en importancia en el margen izquierdo con especies como *Eucaliptus sp*, *Bambusa sp*, *Hortia colombiana* e *Inga sp*, en el margen derecho este estrato se observa reducido.

ZONA 1

El estrato dominante en esta zona es el herbáceo (Figura 24); predominando en el margen izquierdo, ya que se observa una gran extensión de helecho marranero (*Pteridium arachnoideum*) como especie dominante (Foto 6), helecho macho (*Pteris sp*) y algunos pastos como *Eleusine indica*, *Eragrostis patula* y *Melinis minutiflora* (Figura 25). Le sigue en importancia el estrato arbóreo como roble (*Quercus humboldtii*), eucalipto (*Eucalyptus sp*), guamo (*Inga sp*) y guadua (*Guadua angustifolia*). Continúa el estrato arbustivo con especies como flor de mayo (*Meriania speciosa*); por último en el estrato rasante se destaca *Hyptis capitata*, *Acalypha macrostachya* y *Calceolaria tripartita*.

En este margen el estrato dominante se encuentra a lo largo de la zona de muestreo, donde se observa intervención antrópica como el puente que comunica los dos márgenes y la carretera que permite el paso de vehículos utilizados para transportar el material extraído del río; reduciendo la vegetación existente.



Foto 6. Vegetación presente cerca de la bocatoma del acueducto de Tulcán. Zona rural de Pueblillo.

Figura 24. Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino . Zona 1

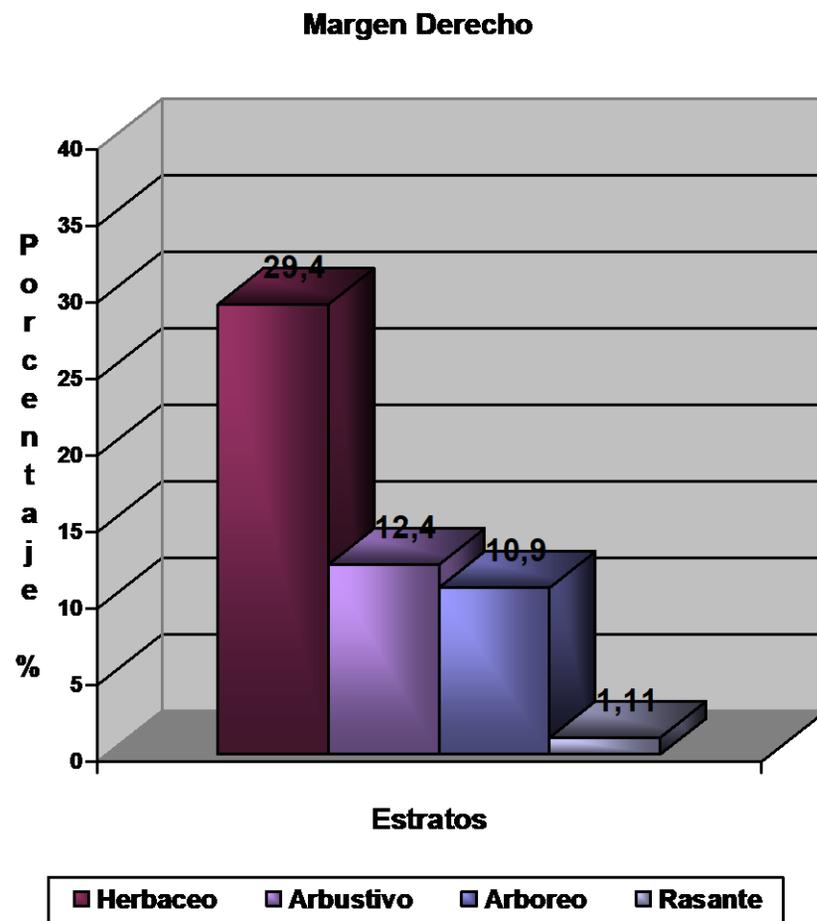
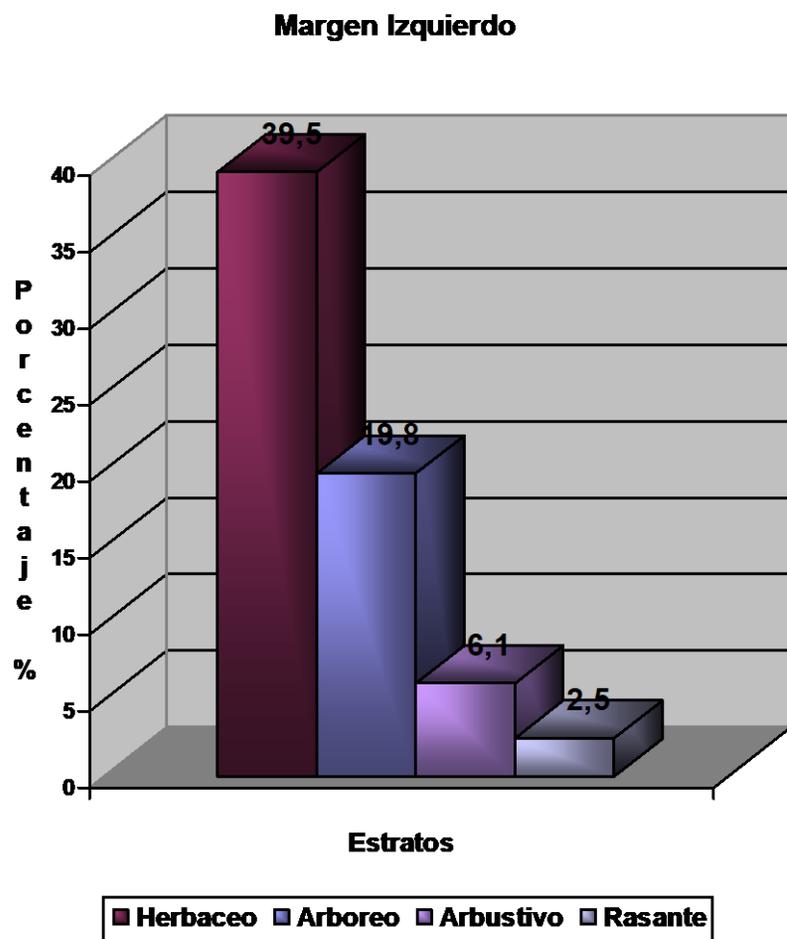
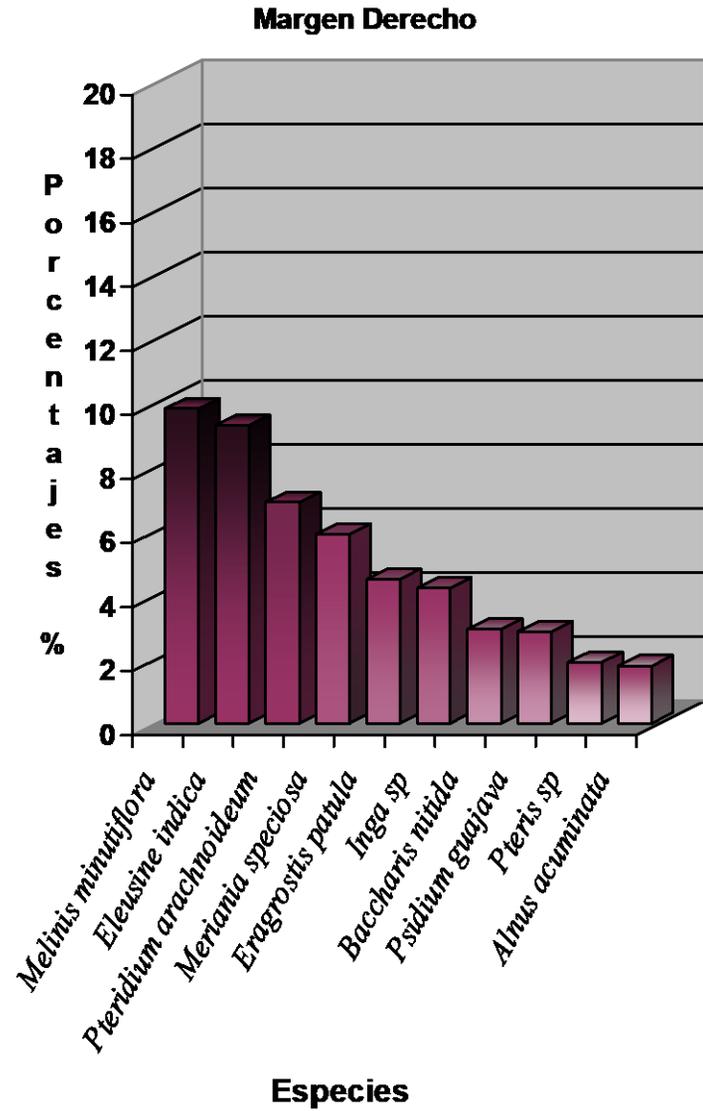
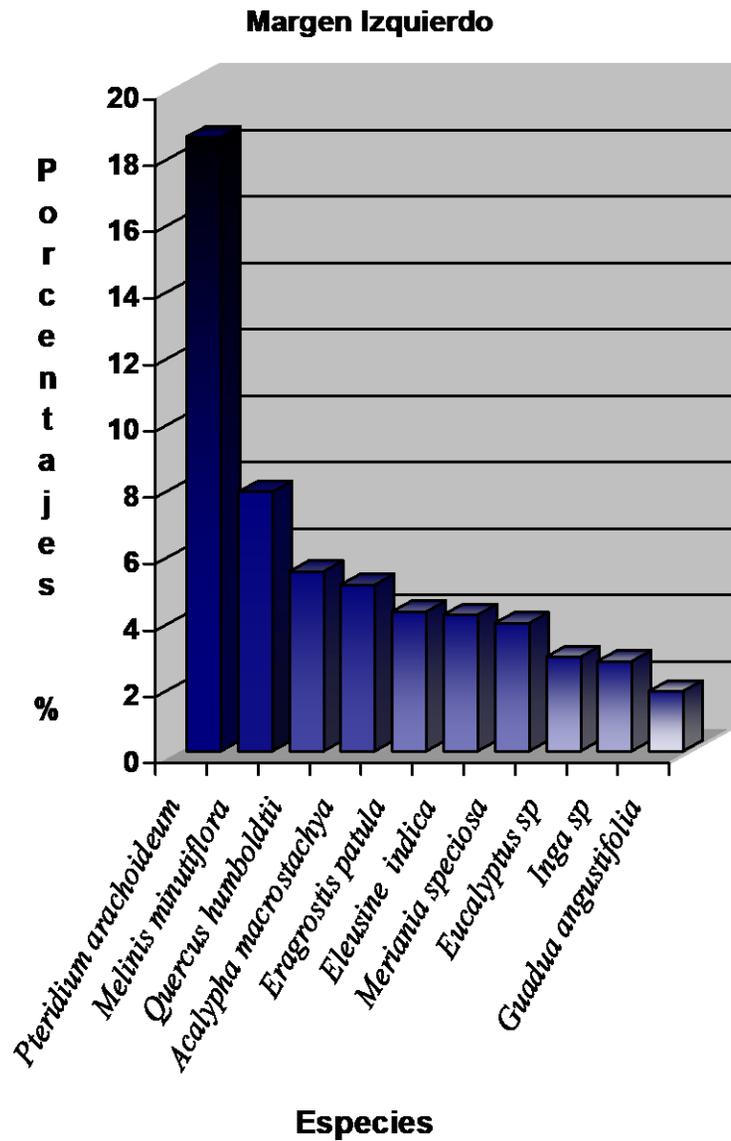


Figura 25. Cobertura de Vegetación Ribereña en la Parte Alta del Río Molino. Zona

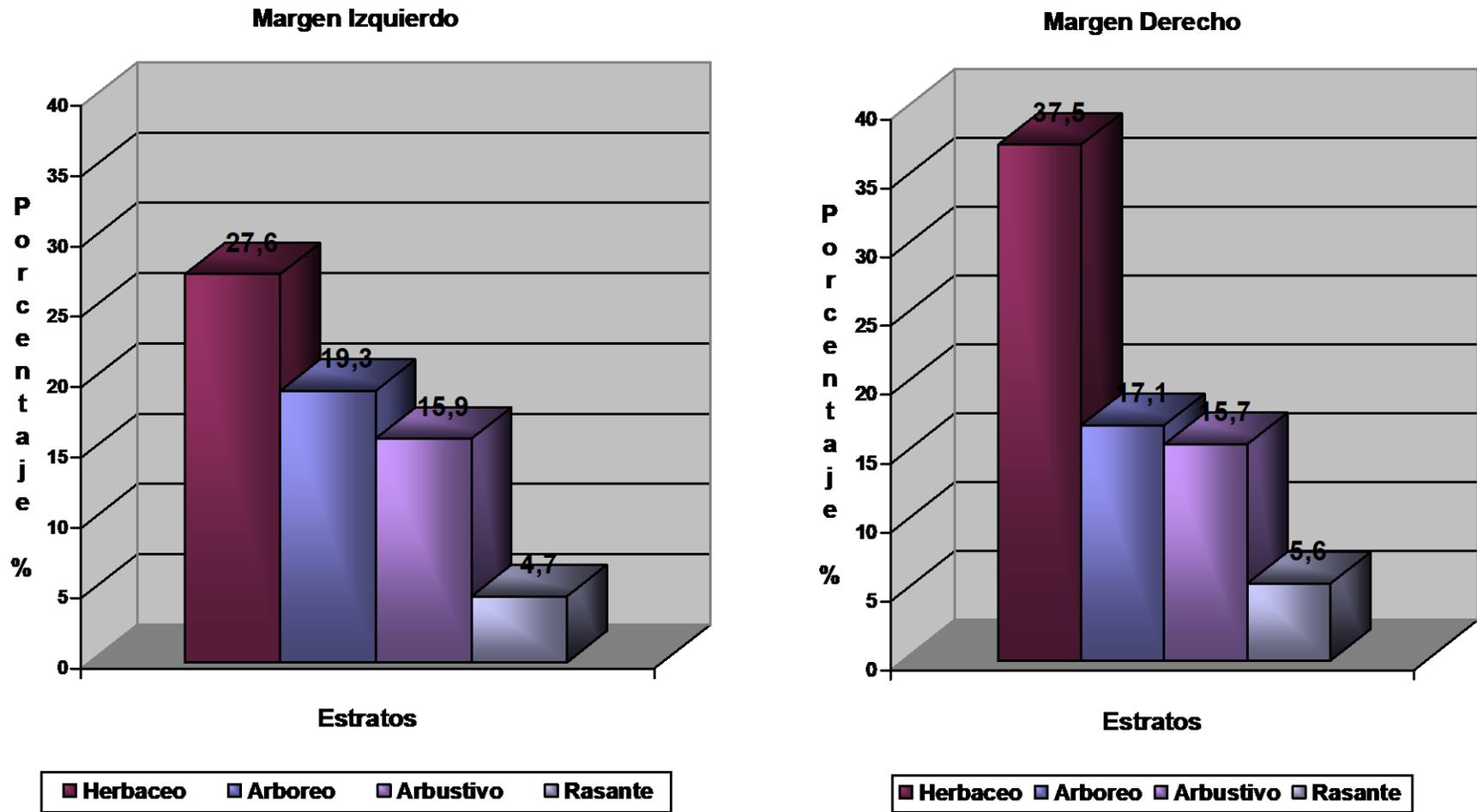


En el margen derecho el estrato herbáceo está conformado por *Pteridium arachnoideum*, *Eleusine indica*, *Eragrostis patula* y *Melinis minutiflora*. Le sigue en importancia el estrato arbustivo con especies como flor de mayo (*Meriania speciosa*), Guayaba (*Psidium guajava*) y aliso (*Alnus acuminata*) (Figura 24). En cuanto al estrato arbóreo se encuentra guamo (*Inga sp*) y zanca de mula (*Baccharis nítida*). Finalmente el estrato rasante está representado por *Hyptis atrorubens*, *Sida sp* y *Desmodium incanum*. Se observa que la intervención antrópica ha disminuido el estrato arbóreo, ya que en este margen se encuentra la caseta del acueducto como también los tanques que llevan el agua hasta el sitio donde es tratada. La extracción de materiales del río ha generado erosión hídrica, en este margen aparecen las primeras viviendas transformando el paisaje.

ZONA 2

El estrato dominante de esta zona es el herbáceo (Figura 26), principalmente en el margen derecho, sobresaliendo los pastos como el *Melinis minutiflora*, *Eragrostis patula* y *Eleusine indica*. El estrato arbóreo está representado por roble (*Quercus humboldtii*), eucalipto (*Eucalyptus sp*), guamo (*Inga sp*), guadua (*Guadua angustifolia*), flor de mayo (*Meriania speciosa*), balso (*Heliocarpus americanus*), arboruco (*Tessaria integrifolia*), pino (*Pinus sp*), nacedero (*Thichanthera gigantea*), guacamayo (*Acalypha macrostachya*) y balso (*Heliocarpus americanus*). Las especies existentes en el estrato arbustivo son ajengibre (*Hedychium coronarium*), higuera (*Ricinus communis*), caña brava (*Gynerium sagittatum*), lechero (*Euphorbia laurifolia*), *Miconia aeruginosa*, *Mimosa albida*, *Caesalpinia sp*; en este estrato se observa una cantidad apreciable de especies de pan coger como papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), plátano (*Hortia colombiana*) y maíz (*Zea mays*). Por último en el estrato rasante se destacan las especies *Sida sp*, *Desmodium incanum*, *Oplismenus burmanii*, *Calceolaria tripartita* y *Tibouchina longifolia*. La vegetación en este margen se ve reducida debido a la intervención antrópica ya que en pueblillo existen ladrilleras, viviendas que arrojan sus desechos directamente al río y continúa la extracción de materiales; unos cuantos kilómetros río abajo se observa gran afluencia de urbanizaciones que en su deseo por colonizar, fueron creando mejoras y con ello modificando la vegetación existente; alcantarillas que llevan sus aguas directamente al río, como la del bioterio de la Facultad de

Figura 26. Cobertura de vegetación ribereña por estratos del río Molino. Zona 2



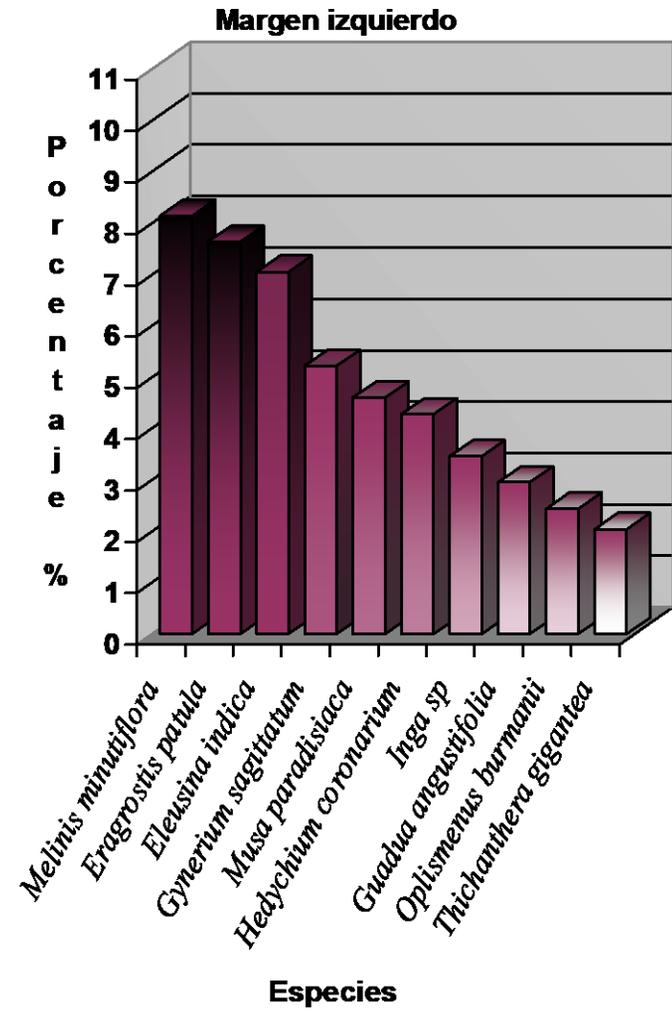
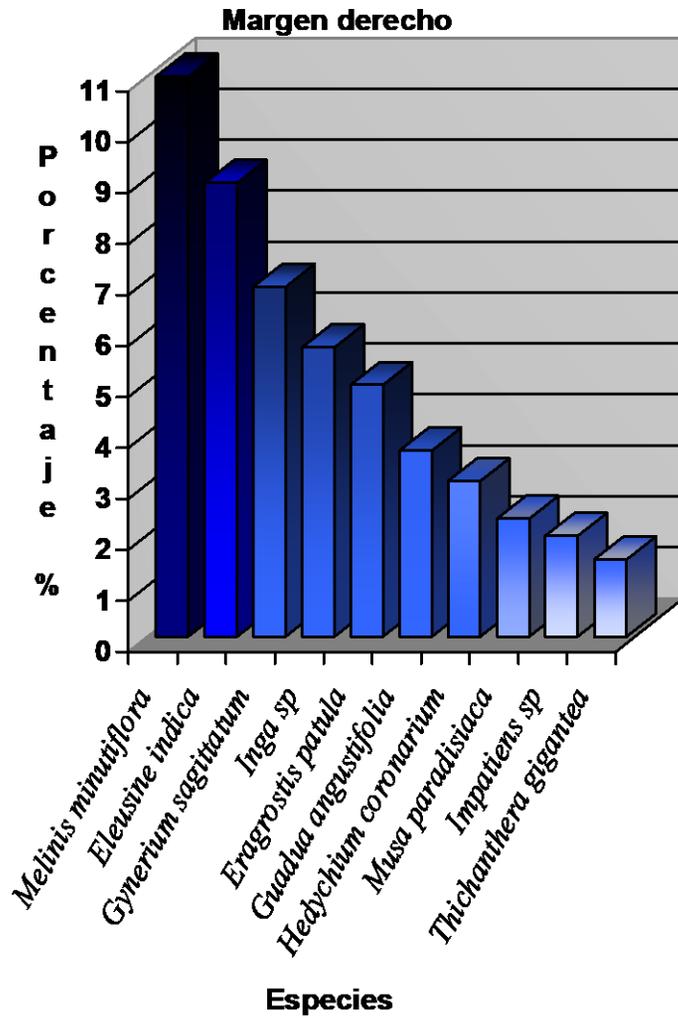
Ciencias de la Salud, y lo que es peor el colector del hospital con todos sus desechos tóxicos. Unos cuantos metros río abajo se encuentra la galería del barrio Bolívar (Foto 7), toda esta intervención ha disminuido drásticamente la cobertura vegetal y por estratos del mismo.



Foto 7. Disminución de la cobertura vegetal cerca a la galería del barrio Bolívar

En el margen izquierdo el estrato dominante es el herbáceo (Figura 26), destacándose ajengibre (*Hedychium coronarium*), helecho marranero (*Pteridium arachnoideum*), *Hypolepis sp*, *Caesalpinia sp* y los pastos *Melinis minutiflora* y *Eragrostis patula*; le sigue en importancia el estrato arbóreo y en mayor porcentaje que en el margen derecho encontrándose eucalipto (*Eucalyptus sp*), guamo (*Inga sp*), guadua (*Guadua angustifolia*), flor de mayo (*Meriania speciosa*), balso (*Heliocarpus americanus*), arboruco (*Tessaria integrifolia*), pino (*Pinus sp*), nacedero (*Thichanthera gigantea*) y aguacate (*Persea americana*) (Figura 27). Las especies existentes en el estrato arbustivo son caña brava (*Gynerium sagittatum*), higuierilla (*Ricinus communis*), *Tibouchina sp*, dentro de las especies de pan coger se observa mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajava*), plátano (*Hortia colombiana*), café (*Coffea arabica*) y caña dulce (*Saccharum officinarum*). Dentro del rasante están *Sida sp*, *Desmodium incanum*, *Oplismenus burmanii*, *Calceolaria tripartita*, *Monochaetum* y *Tibouchina longifolia*; en este margen se encuentra mayor vegetación debido a que la intervención antrópica es menor; cabe resaltar

Figura 27. Cobertura de vegetación ribereña en la parte alta del río Molino, Zona 2.



que para este margen ya se están adecuando tierras para construir urbanizaciones y en un corto tiempo este estrato disminuirá drásticamente (Foto 8).



Foto 8. Disminución del estrato arbóreo debido a la invasión de riberas. Barrio Bolívar

ZONA 3

El estrato que sobresale en esta zona es el arbustivo (Figura 28), en el margen derecho tenemos en menor cantidad especies de pan coger como el plátano (*Hortia colombiana*) y guayaba (*Psidium guajava*); también se encuentran caña brava (*Gynerium sagittatum*), higuera (*Ricinus communis*), nacedero (*Thichanthera gigantea*), flor de mayo (*Meriania speciosa*), aliso (*Alnus acuminata*) y *Leucaena leucocephala*. Le sigue en importancia el estrato herbáceo sobresaliendo algunos pastos como *Melinis minutiflora*, *Eleusine indica* y *Eragrostis patula*; otras especies como ajengibre (*Hedychium coronarium*), *Malvaviscus arboreus*, helecho marranero (*Pteridium arachnoideum*) y lulo (*Solanum quitoense*).

Figura 28. Cobertura de vegetación ribereña por estratos del Río Molino. Zona 3

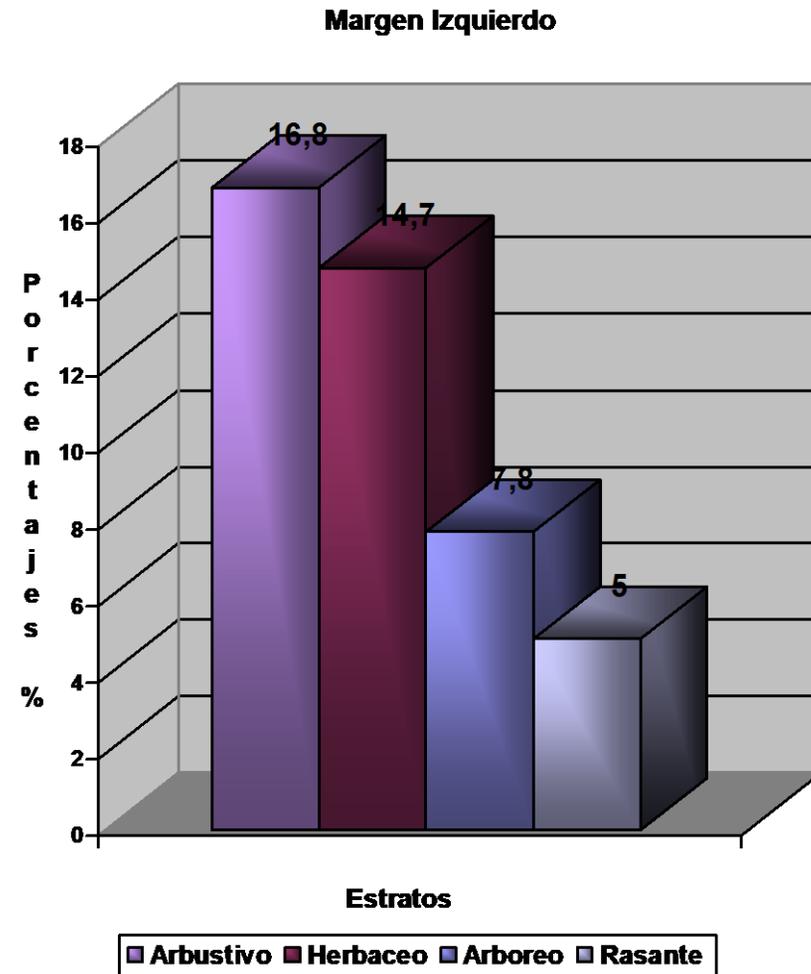
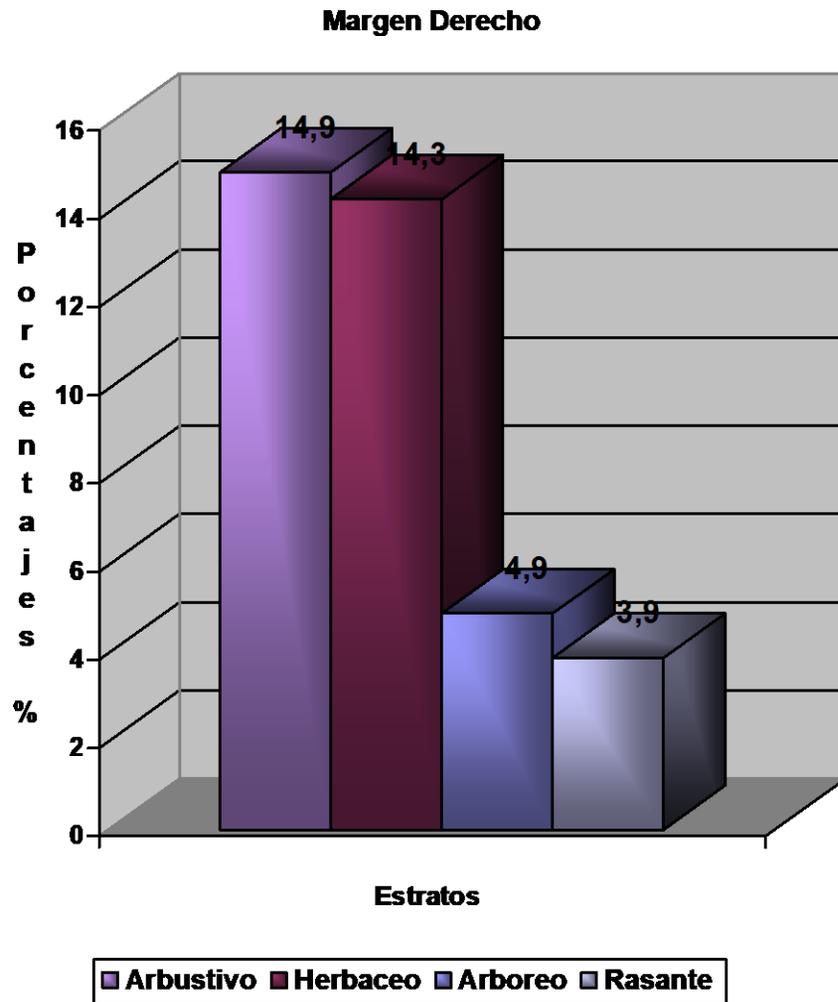
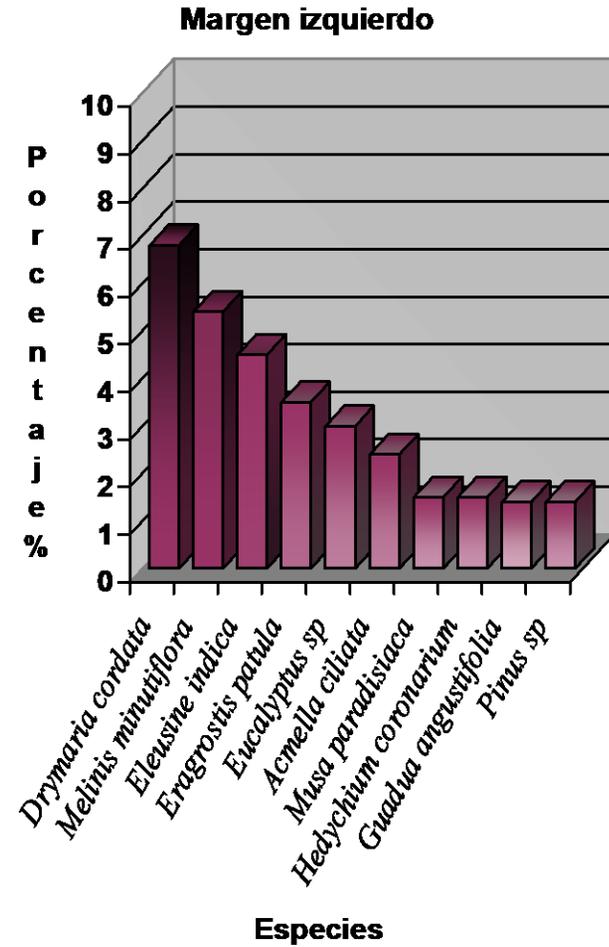
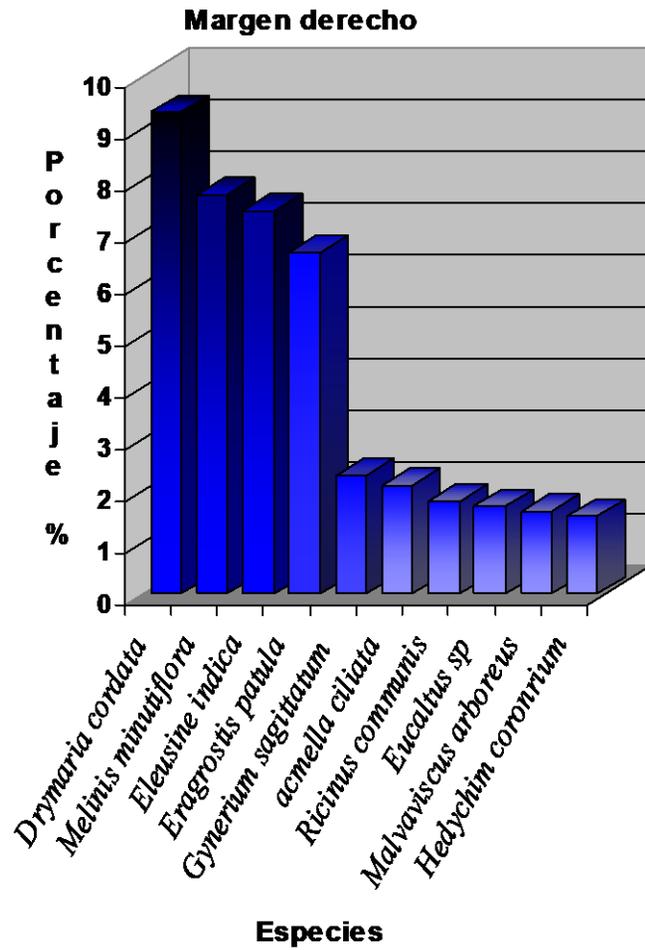


Figura 29. Cobertura de Vegetación Ribereña

en la Parte Media del Río Molino, Zona 3.



En el arbóreo tenemos eucalipto(*Eucalyptus sp*), pino(*Pinus sp*), roble(*Quercus humboldtii*), balsa(*Heliocarpus americanus*), guamo(*Inga sp*) y aguacate(*Persea americana*). Por último en el estrato rasante tenemos *Acmella ciliata* y *Monochaetum lineatum* (Figura 29).

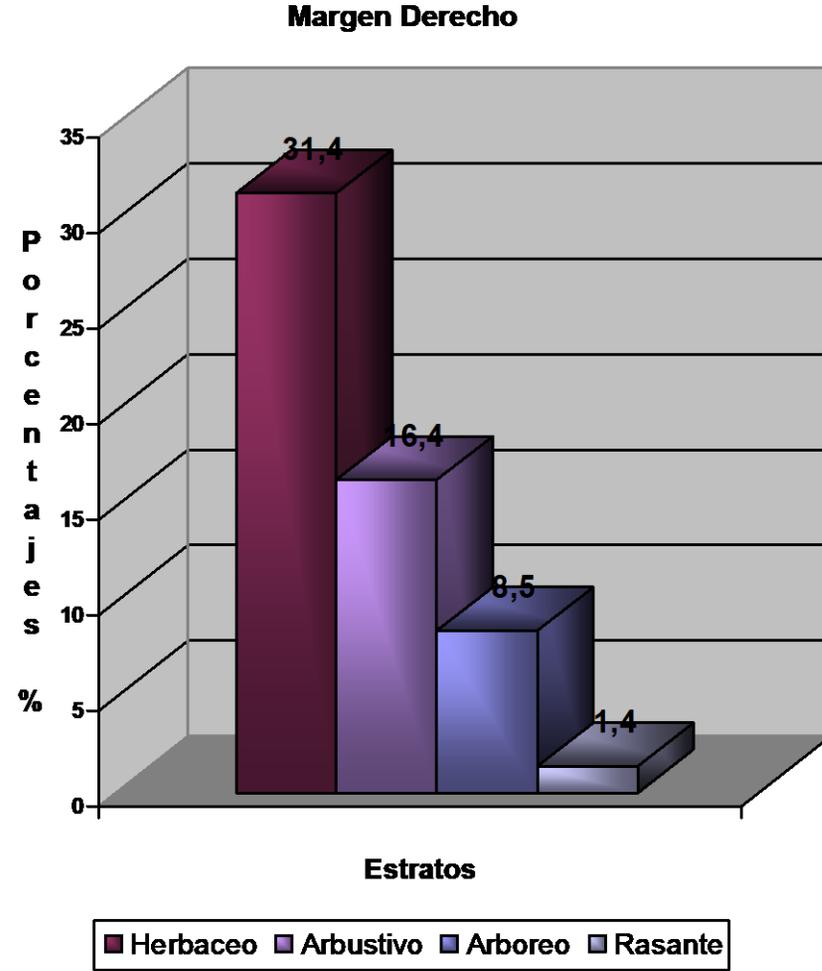
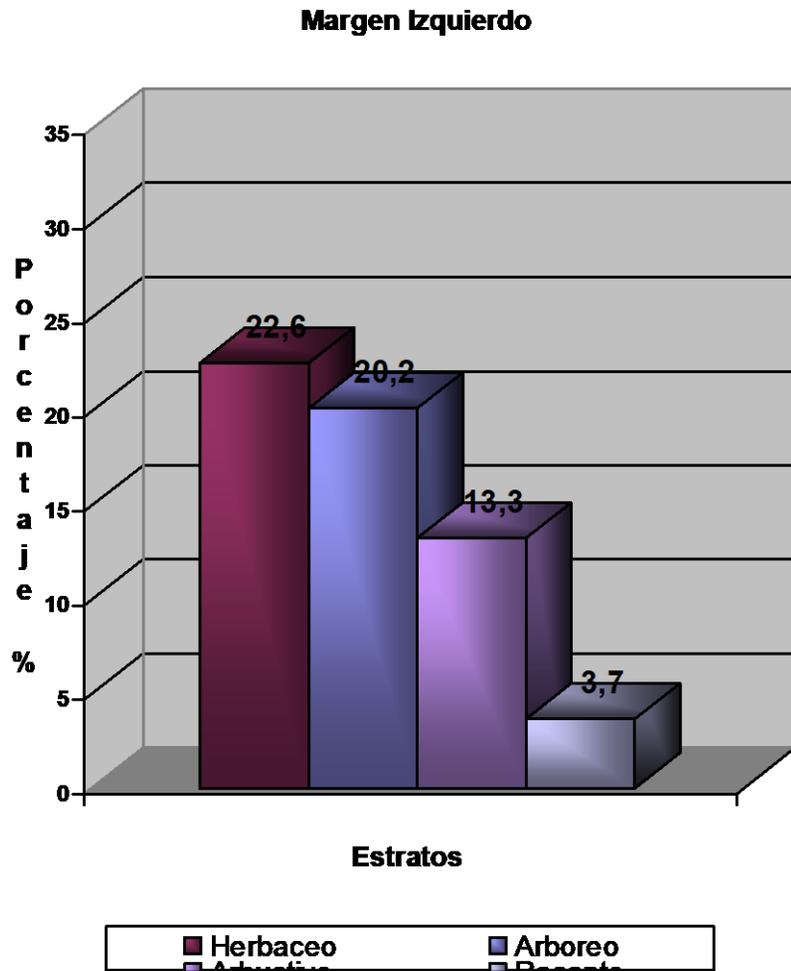
En el margen izquierdo dentro del estrato arbustivo tenemos caña brava(*Gynerium sagittatum*), higuera(*Ricinus communis*), nacedero (*Thichanthera gigantea*), flor de mayo(*Meriania speciosa*), *Leucaena leucocephala*, plátano(*Hortia colombiana*) y café(*Coffea arabica*). Le sigue en importancia el estrato herbáceo sobresaliendo algunos pastos como *Melinis minutiflora*, *Eleusine indica* y *Eragrostis patula*; otras especies como helecho marranero(*Pteridium arachnoideum*). En el arbóreo tenemos eucalipto(*Eucalyptus sp*), pino(*Pinus sp*), roble(*Quercus humboldtii*), guamo(*Inga sp*), aguacate(*Persea americana*) y guadua(*Guadua angustifolia*). Por último en el estrato rasante tenemos *Acmella ciliata*, *Oplismenus burmanii* y *Sida sp*.

La vegetación disminuye a medida que se va incrementando el número de personas que habitan el área de influencia o el área de protección del río (30metros), el estrato arbóreo se ha reducido debido también a la contaminación generada por esta.

ZONA 4

El estrato característico es el herbáceo (Figura 30), en el margen izquierdo sobresalen los pastos *Melinis minutiflora*, *Eleusine indica*, *Eragrostis patula* y *ajengibre*(*Hedychium coronarium*). Le sigue en importancia el estrato arbóreo constituido por Eucalipto (*Eucalyptus sp*), Guamo (*Inga sp*) y Guadua (*Guadua angustifolia*). En el estrato arbustivo se encuentran plátano(*Hortia colombiana*), caña brava(*Gynerium sagittatum*), maíz(*Zea mays*), guayaba(*Psidium guajava*), limón(*Citrus limon*), caña dulce (*Saccharum officinarum*), arboruco(*Tessaria integrifolia*) y *Leucaena leucocephala*. En el rasante se encuentran *Acmella ciliata* y *Calceolaria tripartita* (Figura 31). Cabe resaltar que el estrato arbóreo sobresale en este margen debido a que está menos antropizada por su pendiente. Mientras en el margen derecho el estrato arbóreo presenta un porcentaje bajo ya que en los primeros kilómetros de esta zona se observan casas dentro del área de influencia,

Figura 30. Cobertura de vegetación ribereña del río Molino por estratos. Zona 4

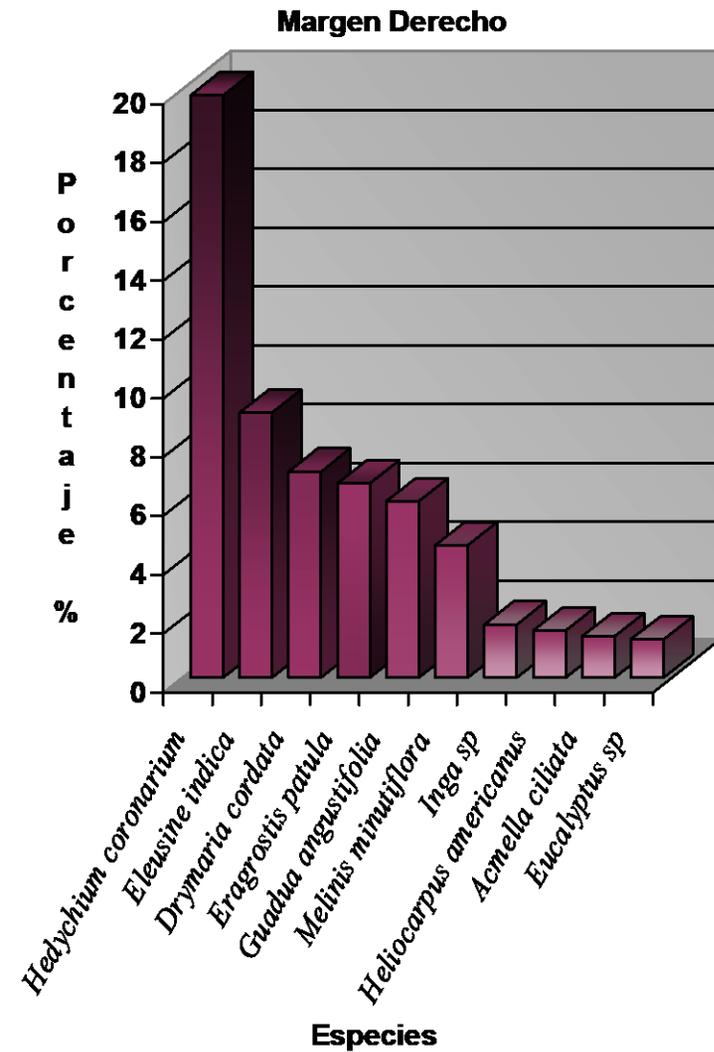
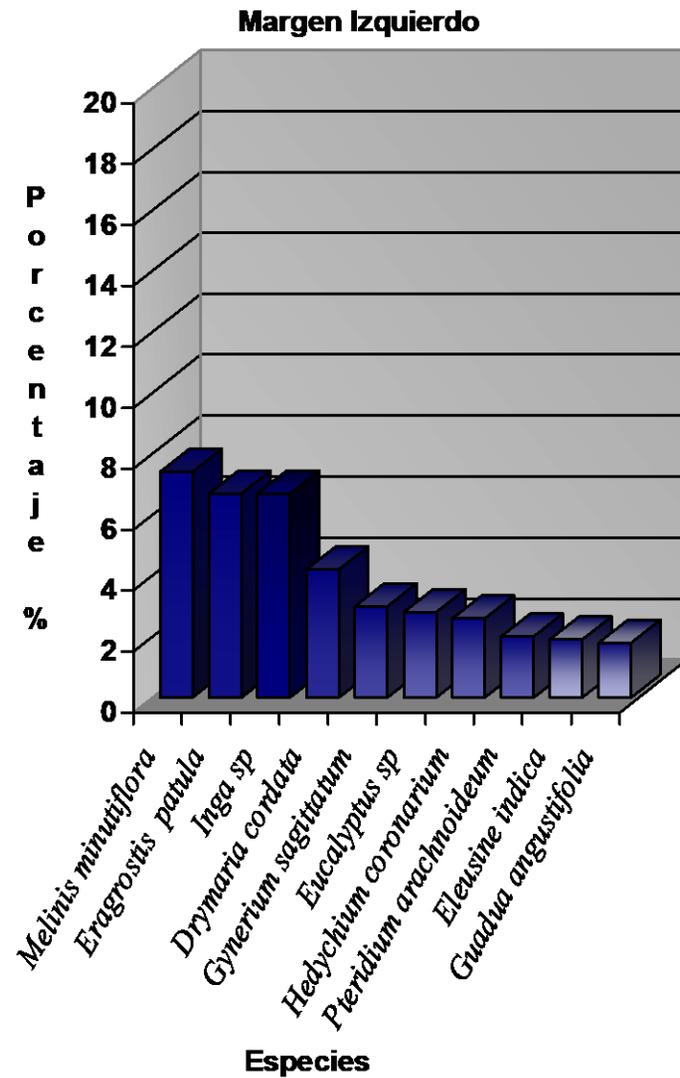


lo que ha hecho que en ciertos sectores desaparezca este estrato. También en la policía y en el área del ejercito ha desaparecido este ya que impide la visibilidad y es reemplazado por cultivos como el maíz (Foto 9). Dentro de este margen el herbáceo es el estrato dominante(Figura 30), con especies como *Melinis minutiflora*, *Eleusine indica*, *Eragrostis patula* y ajengibre(*Hedychium coronarium*). En el estrato arbustivo se encuentran plátano(*Musa paradisiaca*), pino(*Pinus sp*), balso(*Heliocarpus americanus*), arboruco(*Tessaria integrifolia*), *Mimosa albida*, maíz(*Zea mays*) y higuera(*Ricinus communis*). El estrato arbóreo constituido por Eucalipto (*Eucalyptus sp*), Guamo (*Inga sp*) y Guadua (*Guadua angustifolia*). En el estrato rasante se encuentra *Acmella ciliata*.



Foto 9. Cultivos de maíz en predios del comando de la Policía y el batallón

Figura 31. Cobertura de Vegetación Ribereña en la parte Baja del Río Molino, Zona 4.



La mayor parte de la diversidad de vegetación encontrada a lo largo del área de influencia del río Molino se resume en la siguiente tabla:

Cuadro 10. Lista General de Especies, encontradas en las riberas del río Molino.

NOMBRE CIENTIFICO DE LA ESPECIE	PRESENCIA	ESTRATO	FAMILIA
<i>Acalypha macrostachya</i> Jacq.	A, B, C, D	H	EUPHORBIACEAE
<i>Acmella ciliata</i> (Kunth) Cass.	C	R	ASTERACEAE
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	A, C	A	BETULACEAE
<i>Anthurium pedatum</i> (Kunth) Schott.	A	H	ARACEAE
<i>Arundo donax</i> L.	B	Ar	POACEAE
<i>Baccharis nitida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	A	A	ASTERACEAE
<i>Bambusa</i> sp	B	A	POACEAE
<i>Caesalpinia</i> sp	B	A	CAESALPINIACEAE
<i>Calceolaria tripartita</i> Ruiz & Pav.	A, B, D	R	SCROPHULARIACEA
<i>Calliandra</i> sp.	A, B	Ar	MIMOSACEAE
<i>Carica papaya</i> L.	B	Ar	CARICACEAE
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.	D	Ar	RUTACEAE
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	B, D	Ar	RUTACEAE
<i>Clusia</i> sp.	A	A	CLUSIACEAE
<i>Coffea arabica</i> L.	A, B, C, D	H	RUBIACEAE
<i>Cycas</i> sp.	A	A	CYCADACEAE
<i>Desmodium incanum</i> D.C.	B	R	FABACEAE
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex. Roem & Schult.	C, D	H	CARYOPHYLLACEAE
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	A, B, C, D	H	POACEAE
<i>Eragrostis patula</i> (Kunth) Steud.	A, B, C, D	H	POACEAE
<i>Eucalyptus</i> sp.	A, B, C, D	A	MYRTACEAE
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	B, D	Ar	EUPHORBIACEAE
<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss.	B	A	EUPHORBIACEAE
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth.	B, C, D	A	POACEAE

<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) P. Beauv.	A, B, C, D	Ar	POACEAE
<i>Hedychium coronarium</i> Koenig	B, C, D	H	ZINGIBERACEA
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	B, C, D	A	TILIACEAE
<i>Heliopsis oppositifolia</i> (L.) Druce.	B	H	ASTERACEAE
<i>Hiptis capitata</i> Jacq.	B	H	LAMIACEAE
<i>Hypolepis</i> sp.	B	H	DENNSTAEDTIACEA
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	A	H	LAMIACEAE
<i>Impatiens</i> sp.	B	R	BALSAMINACEAE
<i>Inga</i> sp.	A, B, C, D	A	MIMOSACEAE
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) Decuit.	C	A	MIMOSACEAE
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	C	H	MALVACEAE
<i>Mangifera indica</i> L.	B	Ar	ANACARDIACEAE
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	A, B, C, D	H	POACEAE
<i>Meriania speciosa</i> (Bonpl.) Naudin.	A, B, C, D	A	MELASTOMATACEA
<i>Miconia aeruginosa</i> Naudin.	A, B, D	H	MELASTOMATACEA
<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex. Willd.	B, D	A	MIMOSACEAE
<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don.) Naudin.	B	H	MELASTOMATACEA
<i>Musa paradisiaca</i> L.	B, C, D	Ar	MUSACEAE
<i>Oplismenus burmanii</i> (Retz.) P. Beauv.	B, C	R	POACEAE
<i>Pavonia</i> sp.	B	Ar	MALVACEAE
<i>Persea americana</i> Mill.	C	A	LAURACEAE
<i>Phaseolus polyanthus</i> Greenm.	A	Enredadera	FABACEAE
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	B	Enredadera	FABACEAE
<i>Pinus</i> sp.	B, C, D	A	PINACEAE
<i>Psidium guajava</i> L.	B, C, D	Ar	MYRTACEAE
<i>Psidium guineense</i> Sw.	B	Ar	MYRTACEAE
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon.	A, B, C	H	POLIPODIACEAE
<i>Pteris</i> sp.	A	H	POLIPODIACEAE
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	A, B, C	A	FAGACEAE
<i>Ricinus communis</i> L.	B, C, D	Ar	EUPHORBIACEAE
<i>Saccharum officinarum</i> L.	B, D	Ar	POACEAE
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	B, C	A	SALICACEAE
<i>Sida</i> sp.	B, C	H	MALVACEAE
<i>Solanum quitoense</i> Lam.	B, C	H	SOLANACEAE
<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	B, D	Ar	ASTERACEAE

<i>Thichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees.	B, C	Ar	ACANTHACEAE
<i>Tibouchina longifolia</i> (Vahl.) Baill.	B	R	MELASTOMATACEAE
<i>Tibouchina</i> sp.	B	H	MELASTOMATACEAE
<i>Yucca aloifolia</i> L	B	H	AGAVACEAE
<i>Zea mays</i> L.	B, C, D	H	POACEAE

Presencia: A: Zona 1

B: Zona 2

C: Zona 3

D: Zona 4

Estrato: R : Rasante 0 – 10 cm.

H : Herbáceo 10 cm - 1m.

Ar: Arbustivo 1m. - 5m.

A : Arbóreo > 5m.

4.3 COMPONENTE PAISAJISTICO

Uno de los factores importantes del medio ambiente es el paisaje, el cual es susceptible de recibir impactos como consecuencia de actuaciones del hombre. Este factor es comparable a otros recursos como vegetación, fauna, agua, suelo y por lo tanto debe ser considerado en toda extensión e integradamente, incluso hoy en día es considerado como un recurso natural, el cual está absorbiendo cantidad de impactos negativos, provocando que sea difícilmente renovable y en ocasiones escaso.

Actualmente no hay una definición exacta de paisaje, conceptos que pueden ir desde los encontrados en diccionarios como “Pintura o dibujo que representa cierta extensión de terreno”, hasta un poco más científicos como que es el complejo de interrelaciones derivadas de la interacción de rocas, agua, plantas y animales (Dunn 1974)¹⁵, entendiéndose como paisaje natural , pero el concepto más acertado para paisaje es “Percepción plurisensorial y subjetiva del medio ambiente”¹⁶ . De cualquier forma el paisaje es un concepto del cual las personas tiene ideas mas o menos acertada pero válidas;

¹⁵ Instituto Tecnológico Geominero de España “Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales”, España 1991.

¹⁶ Curso sobre Evaluaciones de impacto ambiental “Dirección General del Medio Ambiente” Madrid, 1984.

en general se comprende como escenario en el que la gente desarrollan sus diferentes actividades o su esparcimiento.

El paisaje urbano está construido dentro del marco sociocultural de una sociedad y solo se comprende dentro de un contexto histórico, cultural y económico. En las ciudades cada elemento del paisaje natural sufre una altísima transformación, algunas veces de forma más directa que otras, lo que trae como consecuencia la alteración de las condiciones de vida; se modifica el suelo, la vegetación, ocurren variaciones en el microclima, cambia la composición de las aguas superficiales, subterráneas y la red de drenaje; paralelamente ocurre el proceso de contaminación a causa de todas las actividades que desarrolla el hombre en su mayoría en forma irracional y no planificada, dentro de este paisaje urbano. (Seminario Nacional sobre hábitat urbano y problemática ambiental. 1989, 91).

Fue importante y de mucho apoyo trabajar con unidades de paisaje, las cuales se obtuvieron mediante criterios visuales como lo son zonas visualmente auto contenidas desde diferentes puntos de observación “cuencas visuales” y de donde se establecieron unidades naturales irregulares o fisiográficas las cuales se suponen homogéneas (repetición de formas o en la combinación de algunos rasgos parecidos, no idénticos en un área determinada Ejemplo: Homogeneidad de vegetación¹⁷).

Para este caso se determinaron unidades homogéneas como:

- Unidades basadas en la vegetación, debido a que este debía ser el elemento mas representativo en la zona de estudio.
- Unidades basadas en la exposición a la que está expuesta el terreno sobre el cual se esta trabajando, teniendo en cuenta los aspectos visuales de la cubierta del suelo y la mezcla de los materiales de la misma.
- Unidades basadas en el contenido visual, teniendo en cuenta forma, la cual está definida por la pendiente, como también la concordancia o contraste natural o artificial del paisaje, teniendo en cuenta si es paisaje urbano o rural, además de incluir caracteres permanentes como lo es el hidrológico.

¹⁷ Torres Daza Carlos Hurtado, Evaluación de la oferta hídrica para proponer alternativas de gestión ambiental en la zona baja de la cuenca del río Palo, departamento del Cauca 1998.

El componente paisajístico es uno de los más complejos para trabajar en este tipo de estudios, puesto que siempre se tiende a la subjetividad, es por esto que los datos presentados fueron recolectados de encuestas (Anexo K) realizadas a las personas que habitan cerca al área de estudio, como también por observación directa con apoyo de material fotográfico.

En el área de estudio se manejan dos tipos de paisaje, el natural y el urbano, el primero se ha visto afectado considerablemente, debido a diferentes actividades antrópicas, este se presenta en la primer zona; el urbano se presenta en las demás. Teniendo en cuenta la encuesta realizada, se realizó la siguiente tabla:

Cuadro 11. Personas que han observado cambios en el paisaje de cada zona.

ZONA	CAMBIO POSITIVO	SIGUE IGUAL	CAMBIO NEGATIVO
1	8		
2	19	37	27
3	26	43	14
4	7	9	8
Total	60	89	49

El Cuadro anterior muestra que la mayoría de personas (89) opinan no haber observado cambios en el paisaje, mientras que 60 dicen haber observado cambios positivos a través de los años, coincidiendo la mayoría en que estos cambios se deben a que en la actualidad no hay tanto “monte” debido a que poco a poco se han ido urbanizando algunos sectores en especial las zonas 2 y 3, lo que para ellos equivale a mejorar un poco su calidad de vida; es también un cambio positivo para las personas de pueblillo puesto que para ellos es mejor observar sus suelos con cultivos que los rastrojos o vegetación que existía.

Los cambios negativos que se han venido presentando según las personas encuestadas es que se ha ido perdiendo poco a poco el ambiente natural, como también el paisaje recreativo, a diferencia de años atrás, el recurso hídrico se observa muy contaminado por lo que no se puede contar con lugares de esparcimiento y recreación.

En el área de estudio este componente se ha visto afectado, ya que el proceso de migración se ha intensificado desde hace algunos años, cambiando el paisaje natural por uno más urbano, trayendo como consecuencia la modificación del suelo, la vegetación, variaciones

en el microclima, cambiando la composición de las aguas superficiales y subterráneas, simultáneamente ocurre el proceso de contaminación a causa de todas las actividades que desarrolla el hombre de forma irracional y no planificada.

En la zona 1, definida la cuenca visual, se pudo observar que las unidades de paisaje aun conservan en su mayor parte su estado natural (Foto 10), aunque tiende a ir cambiando poco a poco, puesto que se nota un intercambio gradual de la vegetación ribereña por cultivos, lo mismo sucede con el recurso hídrico; sin embargo las unidades naturales fisiográficas tienden a ser homogéneas lo que hace que el ambiente natural se conserve, obteniendo así un paisaje de buena calidad, con una fragilidad o vulnerabilidad visual alta y agradable. En el se práctica con buena afluencia de personas, actividades recreativas y de esparcimiento.

En cuanto a la zona 2, es un sector donde el paisaje esta cambiando aceleradamente afectando las unidades de paisaje ya que no se pueden observar homogéneamente, es el caso de la vegetación ribereña que se observa en pequeños tramos, sobresaliendo cultivos de pan coger, como también algunas viviendas sin orden alguno, lo que a su vez afecta el cuerpo de agua, el suelo y finalmente incidiendo en un conjunto de componentes que confluyen en un paisaje urbano -natural, poco agradable y visualmente frágil.



Foto 10. Paisaje natural observado en el área rural de pueblillo, zona 1.

El caso de la zona 3 es un poco diferente a los anteriores, debido a que el contenido visual de esta área es propiamente de paisaje urbano, donde se conserva la homogeneidad de las unidades fisiográficas, lo que quiere decir la dominancia de las urbanizaciones a lado y lado del río, perdiéndose totalmente el ambiente natural que hasta la zona 2 se venía presentando parcialmente. Se puede afirmar subjetivamente y tomando este paisaje como un ecosistema de ambiente natural que su calidad paisajística es mala, pero no presenta fragilidad visual; esto se debe a que la presencia de todas las urbanizaciones generan una contaminación al cuerpo de agua que en muchos casos forma parte del solar de su casa. Se nota también el incremento de basureros y escombreras cerca al río (Foto 11) de la misma forma que ha disminuido o desaparecido la vegetación ribereña lo que hace que visualmente no sea muy agradable.



Foto 11. Botadero ubicado cerca al cauce del río Molino. Barrio Camilo Torres.

Obviamente hay algo que rescatar en esta zona y es una parte del sector histórico y turístico de la ciudad (el puente del Humilladero) como también el parque Mosquera, lugares que son muy agradables, de buena presentación y que por encontrarse en el área de influencia del río dejan una buena presentación e impresión del paisaje, aunque en ocasiones se vea

opacado por la presencia de mendigos y viciosos que pueden dar momentáneamente mala impresión o inseguridad al sector. También se debe destacar la labor de algunas comunidades que se esmeran en proteger las riberas del río, es el caso de un sector del barrio el Cadillal (atrás del INEM) donde han cercado el área de influencia del río (20m al margen izquierdo) para evitar la formación de vertederos de basuras, escombros y a la vez conservar la vegetación ribereña y ornamental con lo que pueden evitar la formación de procesos como la erosión; todo esto ayudando a mantener una visual agradable.

La zona 4 es un área en donde se puede observar una combinación de los paisajes, los cuales varían en cuanto a calidad, este sector se caracteriza por un cambio paulatino del área urbana hacia un ambiente más “natural”; en esta área se observa la formación de asentamientos al margen izquierdo del río, es el caso del barrio La Isla, lugar donde se cambio totalmente la vegetación ribereña por viviendas construidas con diferentes materiales, el cual se convierte en un lugar que visualmente no es agradable. Unos metros más adelante se pueden observar algunas viviendas que se caracterizan por tener porquerizas ubicadas en las riberas del río, como también es común encontrar cultivos de pan coger; al margen derecho no se encuentran viviendas debido a que es zona restringida (predios del Batallón José Hilario López), pero si hubo un cambio en cuanto a vegetación ribereña por cultivos de maíz. En los últimos metros antes de unirse el río Molino con el Ejido, se observa con mayor frecuencia vegetación ribereña, debido posiblemente a la topografía del terreno. En general esta zona en un gran trayecto no presenta mala calidad del paisaje, pero tiende a ser muy vulnerable visualmente y por lo tanto poco agradable a las personas.

Finalmente el área de estudio según lo encuestado podría presentar 3 tipos de paisaje “natural, urbano y urbano – natural”, algunos de los cuales desde diferentes puntos de vista y de diferentes opiniones son de buena calidad y agradables visualmente, pero indudablemente hay algunos sectores que han visto afectadas las unidades de paisaje debido a acciones antrópicas, las cuales son de carácter permanente como las urbanizaciones y otras ocasionales como las escombreras y basuras que son arrojadas al río y que posteriormente son arrastradas a lo largo de su trayecto por la ciudad

(Fotos 12 y 13), esto desde luego no es agradable para el observador de este paisaje, por lo que se podría considerar a dichas actividades como impactos negativos sobre cada una de las unidades naturales fisiográficas planteadas para analizar este componente.



Foto 12. Basuras arrastradas por el río. Cerca de la cancha de baloncesto. Barrio la Estancia.



Foto 13. Escombros arrojados al río Molino. Puente La Viuda. Barrio Cadillal.

4.4 COMPONENTE ANTROPICO

Este componente es uno de los más complejos en un estudio ambiental, los resultados obtenidos se deben en su mayor parte a encuestas realizadas a las personas que habitan cerca del río y por observación directa analizando algunos indicadores socioeconómicos que según manuales de Evaluación Ambiental¹⁸ son importantes para una buena calidad de vida, estos indicadores son:

4.4.1 Uso del Recurso Hídrico: Una de las actividades antrópicas más comunes que se presentan en las zonas 1 y 4 del área de estudio es la extracción de materiales para construcción (grava, arena), siendo la principal fuente de empleo temporal. Este hecho se presenta sobre todo en la zona 1 (zona rural de pueblillo) en donde existen galpones para la fabricación de ladrillo y teja de barro (Foto 14).



Foto 14. Extracción de arena y grava del río Molino en la zona rural de Pueblillo.

¹⁸ Larry W. Canter. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. 2º ed. Mc Graw Hill, España 1999.

Esta actividad a la vez de ser una fuente económica, está causando un impacto severo en este sector, afectando la fauna béntica, el aspecto recreativo, el caudal del río y causando erosión y desestabilización de taludes creando un impacto negativo en el trayecto del río.

Otra actividad que está afectando el río es la contaminación por aguas residuales, acentuándose este impacto en el sector de Pueblillo (zona 1) y después de Pandiguando (zona 4) que son los sectores donde no está el colector, cayendo este tipo de aguas directamente al río, el colector que actualmente existe se encuentra al margen del río y desemboca en el barrio Pandiguando, las aguas servidas que conduce no tienen ningún tratamiento, puesto que la única función es llevar este problema de contaminación e impacto ambiental de un lugar a otro; existen aproximadamente 24 tuberías de alcantarillado que desembocan en el río en todo su transcurso desde Pueblillo, hasta el barrio Camilo Torres, esto sin contar los vertimientos que hacen directamente las viviendas que están construidas cerca de el, donde no solo bajan aguas residuales, sino también los desechos de las porquerizas que están construidos cerca del mismo.

En cuanto a la actividad recreativa, cada vez disminuye más, puesto que en la actualidad sólo se realiza en la zona 1, en este sector el agua todavía baja limpia y sin muchas alteraciones, los demás sectores (zona 2, 3 y 4) presentan alta contaminación por lo tanto no es apto para utilizar el agua del río para recreación; a diferencia de hace 35 – 40 años aproximadamente, donde era utilizado para realizar paseos familiares en cualquiera de las zonas estudiadas, esto fue confirmado en la encuesta por personas que viven aun cerca del cauce del río.

4.4.2 Uso del suelo: El cuadro 12, muestra algunas de las actividades, respecto al uso del suelo, que se están desarrollando en el área de influencia distribuido por zonas.

Cuadro 12. Actividades predominantes respecto a el uso del suelo en el área de estudio.

Actividad	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Cultivos	35%	35%	15%	35%
Urbanizaciones	3%	30%	55%	35%
Recreación	25%	-	-	-
Escombreras y basureros	5%	20%	20%	15%

En la zona 1: El uso que están dando las personas al suelo, en mayor porcentaje, es a la plantación de cultivos de pan coger (plantaciones de plátano, maíz, frijol, naranja, limón, etc), acabando así poco a poco la vegetación original existente, que para algunos de ellos es solo maleza; otra actividad que realizan las personas que habitan cerca del río es la recreación, utilizando estos sectores para organizar paseos familiares. En menor cantidad se usa el suelo para la construcción de viviendas.

En la zona 2: Se observa el predominio de cultivos de pan coger y va aumentando el uso del suelo para construcción de viviendas (aproximadamente 20 viviendas ubicadas dentro de los 30m del área de estudio), se comienza a observar botaderos de escombros o basuras en lotes baldíos como en el sector ubicado en el puente del río Molino junto a los talleres de Obras Públicas Departamentales (Foto 15).

En la zona 3: Se aprecian viviendas (aproximadamente 40, ubicadas cerca del río) construidas a partir del barrio San Francisco hasta el barrio Pandiguando, algunas de estas viviendas son utilizadas como talleres de mecánica o microempresas, como Pollos Conquistador. Esta actividad hizo que los cultivos de pancoger pasaran a segundo plano, y solo se observen esporádicamente, también se aprecian sectores en los cuales se arrojan

basuras, más específicamente en el puente ubicado en la panamericana, cerca de la estación de la policía.



Foto 15. Botadero de Basuras y escombros Puente Obras Publicas. Barrio Yanaconas.

La zona 4 muestra un área donde el suelo se está utilizando para ubicación de viviendas (aproximadamente 25 casas cerca del río) aunque en menor cantidad que en la zona 3, como también se esta utilizando en la misma proporción para cultivos, en cuanto a las escombreras se pudo ubicar sobre todo a la altura del barrio Camilo Torres, donde hay un lote que está siendo utilizado para esta actividad.

4.4.3 Invasión de Riberas: Este es uno de los problemas que más se presentan y que genera mayor cantidad de impactos a lo largo del trayecto del río en el área urbana de Popayán, estas viviendas no cumplen con las normas o leyes que se exigen no construir cerca de las orillas de protección de los ríos. El cuadro 13, muestra el número de viviendas ubicadas a menos de 30m del cauce, según observación directa.

Cuadro 13. Número de viviendas construidas a menos de 30m del cauce del río.

Zonas	Número de viviendas	porcentaje
1	2	2.4
2	18	21.7
3	38	45.8
4	25	30.1
Total	83	100

De aproximadamente 83 viviendas ubicadas cerca de la orilla del río en todo el área de estudio, el mayor porcentaje lo tiene la zona 3 con un 45.8% y que corresponde a viviendas ubicadas cerca al centro o sector histórico de la ciudad (Foto 16). Disminuye este porcentaje en las zonas 2 y 4, pero se debe tener en cuenta que en la zona 4 (occidente de la ciudad) poco a poco se han ido radicando asentamientos, los cuales se ubican cerca al río. La zona 2 (nor-orienté de la ciudad) es un sector que se está urbanizando poco a poco pero cumpliendo exactamente con los 30m que exige la ley.



Foto 16. Invasión de riberas. Barrio San Francisco sector histórico de la ciudad.

En cuanto a la zona 1 es un sector que hasta el momento no presenta este problema, debido posiblemente a la topografía y tipo de vegetación existente.

Este problema genera otros impactos sobre el río y sobre las personas que habitan en estos lugares.

Cuadro 14. Número de personas que habitan cerca al río Molino.

ZONA	NUMERO DE NIÑOS	NUMERO DE ADULTOS	TOTAL DE HABITANTES POR ZONA
1	3	8	11
2	39	50	89
3	29	87	116
4	45	60	105
TOTAL	112	209	321

El número de personas que habitan cerca al río es considerable y aumenta progresivamente de nororiente a sur occidente, siendo la zona 1 la menos poblada y la zona 3 y 4 con mayor número de habitantes, esto debido posiblemente a que la zona 3 es un sector en su mayoría central y la zona 4 son lugares que favorecen la formación de asentamientos debido al estrato social y económico que tienen estas personas.

En la zona 2 son 89 personas que habitan muy cerca al río, este valor podría ser mayor, debido a que cerca al río existen otras viviendas las cuales se han construido exactamente a 30m a cada lado del cauce.

El número de personas adultas a diferencia del de niños es mayor en cada una de las zonas de estudio, en la zona 3 se detecta un total de 87 habitantes adultos a diferencia de las demás zonas. Debido posiblemente a que hacen parte de la zona céntrica de la ciudad, donde se encuentra la mayor afluencia comercial, como también es una zona en donde un gran número de personas tienen un mejor nivel educativo, razón por la que posiblemente, poseen conciencia en cuanto a incrementar el número familiar.

Todas estas personas (adultos y niños) están propensas a riesgos potenciales como inundaciones, avalanchas, sismos etc. (Foto 17).



Foto 17. Viviendas con riesgos potenciales a inundaciones y avalanchas en el barrio Bolívar.

Cuadro 15. Número de personas consientes de que habitan en una zona de alto riesgo.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	TOTAL DE VIVIENDAS
SI		11	26	15	42
NO	2	7	12	10	31
TOTAL	2	18	38	25	83

En la zona 1, los habitantes de dos viviendas no son concientes del riesgo que sufren al vivir en ese lugar; en la 3 es donde mayor cantidad de personas reconocen que habitan en lugar de alto riesgo(Foto 18).

Del total de viviendas encuestadas, un 63% saben y están conscientes de vivir en zonas de alto riesgo, sobre todo por las crecientes del río, deslizamientos e inundaciones que este provoca, sin embargo no cambian el lugar de sus vivienda debido a la falta de recursos económicos, aunque les gustaría que los reubicaran en otro sitio que no tuviera tanto peligro.



Foto 18. Vivienda ubicada en un sector de alto riesgo a orillas del río Molino. Puente de la Carrera 11. Barrio Cadillal.

Las personas que contestaron la anterior pregunta, admiten estar muy adaptados al lugar donde viven, o se basan en que hasta el momento no les ha pasado nada malo por vivir cerca al río, reflejando así la falta de educación ambiental y de programas de prevención de desastres puesto que de las 83 viviendas encuestadas en la mayoría admiten no conocer programas de este tipo o de vigilancia ambiental. Las entidades encargadas de esta labor solo acuden a estos lugares cuando existe alguna emergencia.

Hay que destacar que las personas que habitan en el barrio Cadillal (viviendas ubicadas detrás del colegio INEM) han desarrollado una labor ambiental, cercando con alambre de

púas, sembrando árboles y plantas ornamentales en la ribera del río como también cercando unos metros al lado del cauce para evitar que se formen botaderos de basura.

Para dar solución a la invasión de riberas de los ríos y quebradas del municipio de Popayán, teniendo en cuenta el alto riesgo que presentan estos habitantes, la Alcaldía Municipal de Popayán en el periodo 1997-1998 creó el programa de reubicación de habitantes ribereños denominado Santo Domingo Sabio, gestionado por Sebastián Silva Ribiere, ejecutado por Felipe Fabián Orozco y con auxilios del INURBE (Instituto Nacional de vivienda de interés social y reforma urbana), consistiendo en la reubicación de más de 200 familias dotándolos de viviendas en obra negra con un costo aproximado de \$300.000 por lote. Actualmente las riberas de estos ríos y quebradas se encuentran nuevamente habitadas y a la espera de una pronta reubicación.

4.4.4 Salud: La invasión de riberas y la contaminación de las aguas del río Molino traen consigo otro problema o impacto que es muy delicado en la medida que afecta directamente a cada una de las personas que habitan de este, en especial a la población infantil.

Al consultar en cada vivienda ubicada cerca del río sobre este tema, se obtuvo la siguiente información:

Cuadro 16. Entidades de salud consultadas por las personas que habitan en el área de influencia.

ZONAS ENTIDAD	1	2	3	4
Seguro Social	-	2	15	2
Cisben	-	2	5	2
Puestos de Salud	2	10	10	11
Ninguno	-	4	8	9

Del total de viviendas consultadas la mayoría de personas que en ellas habitan acuden a los puestos de salud ubicados cerca de el lugar en donde residen.

En la zona 3 se observa que de 35 viviendas encuestadas en 15 de ellas sus habitantes están afiliados al seguro social, caso que no se da en las otras zonas, esto debido muy seguramente a el tipo de educación y sobre todo a el nivel de ingresos que es un poco más alto en esta.

El Cisben es un servicio en donde hay pocas personas afiliadas en toda el área de estudio, cuando debería ser todo lo contrario debido a que esta entidad presta el servicio a personas de bajos recursos económicos como los habitantes de la zona 1, parte de la zona 2 y la 4, teniendo en cuenta que muchas de las personas de este sector afirman que en el Cisben no los aceptan por vivir en sectores de estrato alto o en el norte, pero no se dan cuenta que se encuentran en alto riesgo por tener su vivienda a menos de 10m del cauce del río.

La causa por la que estas personas utilizan el servicio de salud en las diferentes zonas es por enfermedades como la gripe y amebiasis, las cuales se presentan con mayor frecuencia en las zonas 1, 2 y 4 afectando sobre todo a la población infantil.

Al consultar a estas personas la posible causa de porque se presentaban estas enfermedades, un alto porcentaje coincidió en afirmar que la frecuencia de gripes es debida a la humedad que se siente por habitar cerca al río; la amebiasis se debe a la falta de tratamiento del agua, sobre todo en el sector de Pueblillo y a la contaminación que tiene este, esto se confirmó realizando un análisis bacteriológico en donde se determinó la presencia de coliformes fecales los cuales la desencadenan, debido posiblemente al contacto directo de los niños con el agua del Molino y en el caso de los adultos por trabajar en sus aguas.

La tabla que a continuación se presenta, se realizó con base en la encuesta a los habitantes ribereños del río Molino.

Cuadro 17. Presencia de vectores cerca de las viviendas ubicadas en el área de influencia del río.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
SI	1	13	26	19
NO	1	5	12	6

El cuadro anterior nos muestra que efectivamente en toda el área de estudio se observa la presencia de vectores, los habitantes de estas zonas coinciden que las ratas, moscos y zancudos es lo que mas se observa, predominando durante todo el año, incrementándose en época de invierno. La presencia de dichos vectores se debe a la contaminación que sufre el río a medida que pasa por la zona urbana, causada por basureros y desagües de alcantarillas que existen cerca de las casas encuestadas.

4.4.5 Actividades económicas:

4.4.5.1 Actividades Industriales: En el área de estudio no se observaron industrias propiamente dichas, existen algunos galpones (ladrilleras) en la zona 2 (Foto 19), las cuales están generando un impacto visual debido a que su materia prima la obtienen de montañas muy cercanas al área de estudio (Foto 20), también vierten aguas de desecho directamente al río.



Foto 19. Ladrillera ubicada cerca al río Molino. Barrio Pueblillo.



Foto 20. Cárcavas formadas por la extracción de materia prima para las ladrilleras. Parte rural de Pueblillo.

En la zona 3, cerca de las oficinas de Cedelca están ubicados talleres de mecánica a menos de 8m de la orilla del río, los cuales generan residuos como aceites y combustibles entre otros; estos afectan las reacciones normales en el cuerpo de agua y liberan con frecuencia fuertes olores, afectando a los habitantes de este sector.

4.4.5.2 Empleo: La fuente de trabajo que genera directamente el río Molino es la extracción de materiales para la construcción, como arena y grava (Foto 21). Esta actividad se presenta principalmente en el sector de Pueblillo y en algunos sectores de La María Occidente, antes de que le desemboque el Ejido. Gracias a esta actividad muchas familias generan el sustento diario. Este es un impacto positivo ya que genera empleos indirectos a las personas que conducen las volquetas y las tiendas aledañas.



Foto 21. Extracción de material de arrastre como fuente de trabajo. Parte rural de Pueblillo.

La extracción de materiales para la construcción es una de las principales actividades antrópicas, generando un impacto negativo en este cuerpo de agua ya que hasta la bocatoma del acueducto de Tulcán el río tiene un 80% de transparencia y buena calidad; después de 800m el agua presenta turbiedad (barrio de Pueblillo) que a su vez genera cambios en la calidad de la misma.

Es común observar en el sector de Pueblillo galpones para hacer ladrillo y tejas de barro, generando ingresos para un reducido número de personas, ya que en estos sitios trabaja el dueño y máximo 3 trabajadores. Los taludes cercanos al río, donde se extrae la materia prima para esta actividad, producen deslizamientos y erosión, generando un impacto visual negativo.

5. EVALUACIÓN AMBIENTAL

5.1 DIAGRAMA DE REDES DE INTERACCION

Este método integra las causas de los impactos y sus consecuencias, a causa de las interacciones entre componentes ambientales que reciben el impacto y entre las acciones causales de los mismos.

Cada actividad que esté generando un impacto se debe ligar en un diagrama de redes a cambios en el medio ambiente, mediante relaciones causa–efecto entre diferentes indicadores de primer, segundo o tercer grado. La utilidad de este método es que permite identificar impactos o efectos primarios, secundarios o terciarios y las relaciones que causan esa cadena, para así determinar cual puede ser el indicador más afectado sobre todos los componentes; pero su limitación es que tienden a volverse complejas, a ser subjetivas y limitan información.

Para el presente informe se elaboraron 3 diagramas de redes teniendo en cuenta, según lo observado, tres actividades diferentes que se presentan muy regularmente y además están generando impactos negativos sobre el área de estudio; estas son: Invasión de riberas (Figura 32), extracción de material aluvial (Figura 33) y vertimiento de residuos sólidos y líquidos (Figura 34).

OBSERVAR ESTA RED DE INTERACCION (INVASIÓN DE RIBERAS) EN EL ARCHIVO DE EXEL.

Invasión de riberas:

Después de establecer las interacciones causa-efecto, de esta red se puede analizar que es una actividad que genera sobre el ecosistema una serie de interacciones las cuales tienden a afectar los diferentes indicadores de primer nivel, respuestas que se ven reflejadas en el desarrollo de procesos sinérgicos en indicadores de segundo nivel; expresado en el cálculo de importancias donde los diferentes componentes del ecosistema se han visto afectados (Figura 32).

Esta actividad se da principalmente por la presencia de viviendas o cultivos, los cuales ejercen una acción negativa sobre el suelo, alterando sus condiciones naturales que pueden generar impactos sobre el ecosistema; este se afecta por la exposición, pérdida de protección superficial y a cambios morfológicos o destrucción del horizonte, provocando una disminución de nutrientes y productividad debido a que este queda expuesto o simplemente se reemplaza por otro material y compacta; produciendo alteraciones de intercambio y relación suelo-planta. Todas estas relaciones intraespecíficas van incrementando la susceptibilidad a la erosión.

Se ve afectado el recurso vegetativo, ya que esta actividad propicia una pérdida de cobertura o cambio de esta por cultivos, lo que conlleva a una disminución de hábitat, nichos y alteración de la diversidad, afectando directamente relaciones interespecíficas con componentes como el suelo dejándolo susceptible a la erosión y la fauna generando un cambio de diversidad debido a la pérdida de nichos y hábitat lo que genera una migración e inmigración de especies.

La presencia de asentamientos cerca de la ribera del río está produciendo impactos negativos en el cuerpo de agua, directos como los vertimientos de aguas residuales e indirectos como los producidos por la acción ejercida sobre el suelo y la vegetación. Se está produciendo una disminución de ecosistemas acuáticos debido a la pérdida de cobertura vegetal y al incremento de material de arrastre, este indicador tiende a generar cambios en las características físico-químicas y DBO₅ del agua; implicando un cambio en la

composición de la comunidad béntica y microbiológica reflejándose en la alteración de la red trófica.

El recurso antrópico aparentemente se ve menos afectado que los naturales, generando presión y contaminación sobre los componentes del ecosistema; esta influencia tiene su reciprocidad, afectando sobre todo la salud de los habitantes ribereños que se encuentran en constante exposición a catástrofes naturales como inundaciones, derrumbes, etc.

Las relaciones interespecíficas o entre indicadores de segundo nivel permiten observar de forma integral el efecto que tiene esta actividad sobre varios componentes y sus variables; provocando cambios en la estructura del ecosistema y sus comunidades terrestres y acuáticas debido a la pérdida de vegetación, exposición del perfil del suelo, erosión, cambio de diversidad, afectando la red trófica y por otro lado dando lugar al aumento de lugares propicios para la delincuencia, lo que conlleva finalmente a la disminución de lugares para recreación y turismo ya sea por inseguridad o porque el conjunto de los impactos causados sobre estos factores transforman el paisaje negativamente.

Extracción de materiales:

Esta actividad se realiza en algunos sitios como Pueblillo, Camilo Torres y Junín, generando empleo, pero la continua extracción de material aluvial y de arcillas en áreas aledañas a la riberas del río, provocan cierto número de impactos sobre algunos componentes del ecosistema, como lo muestran las interacciones causa-efecto que se dan entre los indicadores de segundo nivel (Figura 33). El cálculo de importancia muestra que el componente hídrico y vegetativo es afectado directamente, produciendo cambios en el suelo, fauna y en el componente antrópico.

La extracción de arena y grava del río, está provocando cambios en el lecho y márgenes de este, incrementando los procesos erosivos y provocando un aumento en la turbiedad y sedimentación, por lo que las características físico-químicas del cuerpo de agua van

OBSERVAR ESTA RED DE INTERACCION (EXTRACCIÓN DE MATERIALES) EN EL ARCHIVO DE EXEL.

cambiando negativamente lo que repercutirá finalmente en la alteración de la red trófica. El cambio del lecho del río genera una serie de relaciones interespecíficas, permitiendo observar el efecto sobre otros indicadores, como la fauna acuática, la cual se ha visto desplazada hacia otros hábitat alterando la diversidad o en el peor de los casos han desaparecido del ecosistema, generando cambios en la cadena alimenticia y red trófica.

Simultáneamente a esta actividad, la vegetación ribereña se ha visto perjudicada tendiendo a desaparecer, debido a que este sitio es utilizado para almacenar arena, piedra y construir vías de acceso; esta pérdida trae consigo una disminución de hábitat y nichos, dificultando procesos de regeneración o sucesión y alterando la diversidad. Esto se relaciona con la discontinuidad del paisaje vegetal y con los cambios en la estructura de la fauna terrestre y acuática, al igual que los efectos que tiende a causar sobre el suelo como la erosión.

Esta actividad también trae consigo otras como el transporte de materiales que han sido depositados en las riberas del río, por lo que requiere de la construcción de vías de acceso generando un movimiento continuo de tierras y obviamente de vegetación, originando la destrucción del horizonte orgánico y la alteración de las características edáficas. La recuperación de este suelo es mínimo debido al paso vehicular que genera compactación e incremento de los procesos erosivos.

El recurso antrópico muestra algo de complejidad, porque es una actividad que produce ingresos económicos directos e indirectos a algunas familias y sin embargo afecta directamente a muchos habitantes de la ciudad por generar problemas de salud e indirectamente por la pérdida de lugares para la recreación y turismo, como también por exposición a catástrofes naturales como posibles inundaciones y derrumbes.

Todas estas actividades finalmente van a alterar la calidad visual (transformando el paisaje), la productividad y la red trófica del ecosistema.

OBSERVAR ESTA RED DE INTERACCION (VERTIMENTOS DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LIQUIDOS)
EN EL ARCHIVO DE EXEL.

Vertimiento de residuos sólidos y líquidos:

A lo largo del área de estudio, es común observar que uno de los usos dados al río y a las riberas de este es de botadero de basuras y escombros, sobre todo en los puentes por donde pasa y en algunos lotes baldíos cercanos al mismo. Algunas de las viviendas construidas cerca al cauce tienen sus tuberías de aguas residuales desembocando directamente a él, sin contar con los colectores ubicados a cada uno de los márgenes.

Directamente se está afectando negativamente el recurso hídrico (Figura 34), ya que los residuos sólidos pueden alterar la morfología fluvial, alterando el caudal, indicador que se afecta por los vertimientos líquidos, incrementando el arrastre de residuos, por lo que la contaminación no se da en sitios puntuales; obviamente este tipo de vertimiento genera lixiviados y una serie de reacciones químicas provocando cambios en las características físico-químicas del agua; los vertimientos de tipo orgánico (aguas residuales, etc) van a causar incremento en la DBO₅, razón por la cual habrá un cambio en la composición de la comunidad béntica y microbiológica, causando migración de especies y provocando la llegada de especies denominadas vectores, razón por la cual se verá afectada la diversidad animal, alterando la red trófica.

Las interacciones sinérgicas que esta actividad está causando, afectan recíprocamente a todos los componentes del ecosistema, donde un indicador conlleva a la alteración de otro y viceversa para finalmente cambiar drásticamente el componente hídrico y antrópico. Cuando los residuos sólidos no se arrojan directamente al río, sino que se dejan en las riberas, es en el suelo en donde se inicia un proceso de cambio, pues se estará produciendo una pérdida de horizonte orgánico (con residuos inorgánicos como plásticos, latas, llantas, etc) alterando su capacidad productiva y de nutrientes, dejando una contaminación edáfica que afecta la relación existente entre suelo-planta, sin olvidar que estos residuos generan lixiviados que tarde o temprano pueden generar procesos erosivos, contaminación del agua subterránea o simplemente caer directamente al río.

Analizando las relaciones interespecíficas entre indicadores de segundo nivel se observa que el vertimiento de residuos sólidos y líquidos pueden afectar al suelo incidiendo en una alteración o cambio de cobertura vegetal y de fauna asociada a esta. En la vegetación puede haber una pérdida de hábitat y nicho que altera las relaciones inter. e intraespecíficas, generando una posible migración de especies y a su vez una inmigración de vectores asociados al tipo de basuras que se presentan tales como roedores, zancudos, moscos, etc. Alterando la diversidad animal, vegetal y obviamente la red trófica.

Es así como esta actividad además de afectar los componentes naturales también afecta el recurso antrópico, existiendo ocupación del espacio público, cambios en el uso del suelo y como respuesta del medio puede haber cambios en la salud de los habitantes ribereños debido a la presencia de vectores patógenos; este espacio público ocupado por basuras, escombros, etc, provoca pérdida de lugares para la recreación y turismo, causando un impacto negativo tanto a los habitantes de esta ciudad como a los visitantes debido a que se altera la calidad visual del paisaje ribereño.

5.2 SÍNTESIS ECO - ESTRUCTURAL

Los datos obtenidos más representativos fueron agrupados en diferentes perfiles semejando una toposecuencia, con el fin de dar una perspectiva general e integral en el área de estudio. Estos hacen referencia a distintas actividades que son las más típicas en cada zona de estudio, para resaltar el funcionamiento de dichos ecosistemas y observar de manera global el desarrollo de los indicadores con las características del medio. Estos esquemas muestran la interrelación que existe entre actividades como desagües de alcantarillados, construcción de viviendas, cultivos, botaderos de basuras y escombros, con componentes como zona de vida, vegetación, suelos, erosión y paisaje.

5.3 MATRIZ DEL ECOSISTEMA “ INFLUENCIAS – DEPENDENCIAS”

La matriz del ecosistema tiene como objetivo principal identificar las situaciones mas apremiantes que presenta el área de estudio, las cuales están generando impactos ambientales, deterioro y cambio de los componentes del ecosistema; esto se logra determinando el número de variables o indicadores dependientes e influyentes, para así centrar la atención del análisis y escoger indicadores representativos para la evaluación, con lo que se puede hacer un análisis cualitativo entre las diferentes variables de mayor importancia y eliminar aquellas que no tengan influencia.

la matriz que a continuación se presenta (Figura 43), fue elaborada con la información obtenida después de un reconocimiento del área de estudio, realizar un lista de chequeo, encuestas a personas que habitan en el sector y observación directa de diferentes actividades.

MATRIZ DE INFLUENCIAS - DEPENDENCIAS DEL AREA DE INFLUENCIA EN EL RIO MOLINO

		COMPONENTE ABIOTICO											COMPONENTE BIOTICO			COMPONENTE ANTROPICO				Sumatoria de Dependencias	Grado de Dependencia		
		SUELO		CLIMA		CALIDAD DEL AGUA							PAISAJE	FLORA	FAUNA	ANTROPICO							
		Numero de Orden	Morfología	Erosión	Temperatura	Precipitación	Temperatura	Oxigeno Disuelto	Gas Carbonico	DBO5	DQO	Turbiedad	Caudal	Cuenca Visual	covertura vegetal	Bentonica	Coliformes Fecales	Uso del Suelo	Salud*			Vertimientos Domesticos	Empleo
Numero de Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
COMPONENTE ABIOTICO	SUELO	Morfología	■	■								■					■				3	0,5	
		Erosión	■	■		■						■			■			■			■	6	0,7
	CLIMA	Temperatura			■	■									■							2	0,5
		Precipitación				■									■						■	2	0,3
	CALIDAD DEL AGUA	Temperatura		■	■		■				■	■								■		6	2
		Oxigeno		■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■			■		12	3
		Gas Carbonico		■		■	■	■	■	■	■	■				■	■			■		10	2,5
		DBO5							■	■	■	■					■	■		■		8	1,6
		DQO		■			■			■	■	■						■		■		7	1,7
	COMPONENTE BIOTICO	PAISAJE	Turbiedad	■	■							■						■			■	6	0,8
			Caudal	■			■						■						■		■	5	0,6
FLORA		Cuenca Visual	■	■							■		■	■			■			■	7		
		Cobertura Vegetal	■		■									■			■			■	4	0,6	
FAUNA	Bentonica					■	■	■	■	■				■					■	8	2,6		
	Coliformes Fecales					■	■	■							■				■	4	0,8		
COMPONENTE ANTROPICO		Uso del Suelo	■	■	■	■											■			■	6	0,5	
		Salud*														■	■	■	■		4	4	
		Vertimientos Domesticos															■		■		1	0,09	
		Empleo										■					■			■	2	0,2	
Sumatoria de Influencias			6	8	4	6	3	4	4	5	4	7	8	0	6	3	5	11	1	11	7		

Figura 43. Matriz de Influencias – Dependencias de la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.

La matriz del ecosistema (Figura 43), muestra claramente que los indicadores del componente antrópico son los que más número de influencias presenta, como el uso del suelo y vertimientos domésticos que influyen en 11 variables cada uno; los cuales están afectando los diferentes componentes del área de estudio. Dentro del indicador uso del suelo, en el área de estudio, se pueden mencionar las actividades más comunes como la invasión de riberas (aumento de urbanizaciones y población), cambio de la vegetación ribereña por cultivos de pan coger, extracción de materiales del lecho del río y formación de basureros y escombreras; obviamente este indicador genera que los vertimientos domésticos aumenten, originando fuertes impactos negativos en la calidad del cuerpo de agua e influyendo en otros componentes del ecosistema.

En cuanto al componente Abiótico, muestra que la erosión es el indicador con mayor número de influencias (8 en total) sobre otras variables, afectando directamente la morfología del suelo e indirectamente la calidad del agua, este factor erosivo está relacionado con actividades como el uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal.

Por otra parte, de los indicadores de calidad del agua, el que más influencia tiene sobre los demás parámetros son la turbiedad y el caudal del agua, siendo el primero provocado por las variables mencionadas anteriormente.

Respecto al componente Biótico, el aspecto vegetativo es el que más influye sobre otras variables (6 en total), afectando directamente el proceso erosivo y uso del suelo; ya que el cambio de vegetación por cultivos o la ausencia total de esta, contribuye a la aceleración de dichos procesos; influyendo negativamente en el paisaje. Todo esto generado por el aumento de la población en la ciudad, la cual necesita construir viviendas, producir alimentos y tener empleo, siendo para ellos el sitio más fácil de tenencia de tierra y explotación del suelo de zonas aledañas como del cauce del río.

Sobre las dependencias (filas), los indicadores de calidad del agua son los que mayor sensibilidad a los cambios y dependencias presentan, lo que quiere decir que son los que más afectados se encuentran; de las diferentes variables el oxígeno y gas carbónico disueltos presentan 12 y 10 dependencias respectivamente, las cuales se ven influenciadas

por las demás variables físico-químicas del agua y sobre todo por acciones como la erosión, uso del suelo y vertimientos.

Para el caso del componente antrópico, uso del suelo es la variable que más influencias presenta, puesto que todas las actividades que se realizan en el área de estudio están dirigidas hacia ella. Actualmente, en su mayoría, estas actividades son negativas, pero mediante programas de recuperación se puede conseguir un equilibrio y evitar los impactos que están produciendo.

El aspecto Biótico presenta su mayor número de influencias en la variable de fauna bentónica, la cual en su mayor parte es influenciada por indicadores de calidad del agua, como oxígeno, DBO5, turbiedad y además presenta su mayor dependencia en los vertimientos domésticos, parámetro que indudablemente afecta directa y negativamente a este componente y el cuerpo de agua siendo su lugar de hábitat. Una variable que requiere mucha atención y cambios benéficos es el paisaje, parámetro que tiene 5 dependencias de gran importancia como la erosión, cambio o ausencia de cobertura vegetal, diferentes uso del suelo y lecho del río, parámetros que indudablemente están causando un efecto negativo y progresivo sobre el paisaje a lo largo del río Molino y su área de influencia.

Según la matriz del ecosistema para el río Molino y su área de influencia las variables más influyentes y dependientes en el sistema y que deben tenerse en cuenta son:

INFLUENCIAS

- Uso del suelo
- Vertimientos domésticos
- Erosión
- Caudal y turbiedad del río

DEPENDENCIAS

- Calidad físico-química del agua
- Fauna bentónica
- Erosión
- Uso del suelo
- Cobertura vegetal

Determinadas estas variables, se debe concentrar todos los recursos tanto humanos como económicos para trabajar sobre ellas, con programas o proyectos (Véase perfil de gestión ambiental) que se dirijan a obtener resultados positivos ante los impactos que se están presentando y darle un cambio al río Molino y su área de influencia.

5.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS CUADRANTES DEL GRAFICO DE INFLUENCIA Y DEPENDENCIA

Los resultados obtenidos en la matriz del ecosistema (Figura 43) y representados en el plano de coordenadas (Figura 44), muestra los siguientes datos por cuadrante:

- **Cuadrante I:** Los indicadores que se encuentran en este lugar están ejerciendo mucha influencia y poca dependencia, es el caso de los vertimientos domésticos, empleo, cobertura vegetal, precipitación entre otros, los cuales pueden ser resistentes a cambios, pero en el caso de que lleguen a ser afectados como es el caso actual, influirán en muchos indicadores. La mayoría de estas variables han recibido una serie de impactos sobre todo de tipo antrópico, por lo que en muchos sitios del área de estudio estos indicadores están iniciando a depender de otros factores, incidiendo esto en el aumento de influencias sobre otros parámetros, en especial de los ubicados en el cuadrante II (erosión, turbiedad y uso del suelo).

Es importante iniciar con un buen manejo o recuperación de estos, ya que es el segundo cuadrante en presentar mayor número de indicadores (6 en total); evitando en lo posible que sobre ellos recaigan demasiadas influencias o impactos que los afectan, lo que les permitiría resistir a algunos cambios naturales y por lo tanto no influir o afectar directamente sobre otro tipo de variable de tal forma que no sea el inicio de una serie de situaciones o incidencias significativas que llegan a afectar al área de estudio.

- **Cuadrante II:** Las variables de este cuadrante ejercen mucha influencia sobre el sistema, pero a la vez sufren muchas dependencias. Es el caso de la erosión, uso del suelo y turbiedad del agua; variables que tienen el potencial de incidir significativamente sobre muchas otras interacciones.

Entre más influencias y dependencias reciba cada uno de estos indicadores mas susceptible y vulnerable estará el ecosistema en estudio. Aunque son pocas las variables que en este cuadrante se encuentran, son determinantes pues están

afectando a diferentes componentes del sistema; dichos parámetros están recibiendo una fuerte presión por los indicadores del primer cuadrante los cuales se han visto afectados significativamente, en especial la cobertura vegetal, lo que ha generado fenómenos de erosión o cambios en el uso del suelo, indirectamente incrementa la turbiedad del agua, la cual se ve afectada directamente por los vertimientos domésticos; entre las variables de este cuadrante (II), también se esta ejerciendo una serie de interacciones donde una depende e influye en otra y que finalmente están afectando en general a factores como son el paisaje, la calidad del agua y por ende el tipo de fauna béntica, lo cual a simple vista se puede observar y que de seguir así terminara por afectar o causar fuertes impactos difíciles de manejar en toda el área de estudio.

- **Cuadrante III:** Indicadores que tienen poca influencia y a la vez muchas dependencias, por lo que son de difícil manejo, es el caso de los parámetros físico-químicos que determinan la calidad del agua, la cuenca visual y la fauna béntica, es por esto que dichos parámetros se encuentran en este cuadrante.

Estos parámetros se han visto muy influenciados por algunos indicadores del cuadrante I, pero sobre todo del cuadrante II; si bien las variables del presente cuadrante no generan muchas dependencias, son importantes pues dentro de este grupo encontramos el mayor número de indicadores (7 en total), dentro de los cuales hay tres que tienen el más alto valor de grado de dependencia (oxígeno, gas carbónico y fauna béntica), por lo tanto son los más representativos y obviamente los de mayor cuidado en el momento de realizar la evaluación y el análisis ambiental. Estos parámetros, sobre todo la fauna bentónica se han visto drásticamente afectados. Lo que demuestra muy probablemente de que en realidad la zona de estudio está recibiendo un gran impacto sobre el cuerpo de agua, pero según los datos obtenidos en los cuadrantes anteriores, este impacto tiene un origen, el cual se encuentra en el área de influencia del río Molino.

- **Cuadrante IV:** Los indicadores de este cuadrante tienen poca influencia como también poca dependencia, este tipo de variables son los más resistentes al cambio, no afectan al sistema ni son afectados.

Este cuadrante permite observar que el ecosistema en estudio no se encuentra en equilibrio o como un sistema buffer, pues para que esto se cumpla deben encontrarse en este cuadrante el mayor número de indicadores, y actualmente solo se encuentran 3 parámetros (temperatura, coliformes fecales y salud) de 19 analizados. Por lo tanto no se deben descuidar en lo que se refiere a una medición continua, pues al iniciar a depender de más variables se podría encontrar efectos notables entre ellos mismos, es el caso de la presencia de coliformes fecales los cuales son una fuente potencial para afectar la salud de muchas personas.

5.4 MATRIZ DE FEARO

			ACTIVIDADES ANTROPICAS									
			INVACION DE RIBERAS	CULTIVOS	ESCOBRERAS	EXTRAC. DE MATERIAL DEL RIO	CANALIZACIONES	VERTED. AGUAS RESIDUALES	VERTEDERO DE BASURAS	ACTIVIDADES INDUSTRIALES	TALA DE VEGETACION	
		NO HAY IMPACTO										
	I	FALTA INFORMACION										
		EFEECTO SIGNIF. ADVERSO										
		EFEECTO ADVERSO										
		EFEECTO SIGNIF. BENEFICO										
		EFEECTO BENEFICO										
ECOSISTEMA	SUELO	MORFOLOGIA										
		EROSION										
		USO										
	AGUA	INCREMENTO TURBIEDAD										
		ALTERACION DE CALIDAD										
		ALTERACION DE CAUDAL										
	FAUNA	ALTERAC. DIVERS. MACROINV.										
		ALTERAC. HABITAD MACROINV.										
		AUMENTO COLIFORMES TOT.										
	ANTROPICO	VEGETACION RIBERENA										
		ALTERACION DEL PAISAJE										
		EMPLEO										
		SALUD										
		RECREACION										

Cuadro 18. Matriz de Fearo para la caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán.

Esta matriz se elaboró con el fin de realizar un análisis general y en detalle de los impactos que se presentan sobre algunos indicadores del ecosistema, teniendo en cuenta las actividades antrópicas más comunes a lo largo del área de estudio y el resultado obtenido de la matriz de influencias-dependencias.

Los resultados obtenidos permiten identificar y confirmar áreas o lugares en donde se están presentando impactos generados por diversas actividades, teniendo en cuenta para esto diversos criterios como magnitud, riesgo, durabilidad, etc. En la matriz de Fearo se observa claramente la dominancia de efectos adversos y significativamente adversos; es el caso de la actividad “Invasión de Riberas” donde su magnitud es influyente para varios componentes del ecosistema, debido a que este impacto se ha producido por largo tiempo y es de suma importancia, generando otras actividades que producen efecto negativo sobre el ecosistema. Actualmente su efecto es significativamente adverso sobre uso del suelo, calidad del agua, vegetación ribereña, alteración del paisaje y es adverso para la salud de las personas que allí habitan. Aunque los impactos negativos son de gran magnitud, debido al largo tiempo que llevan presentándose, es factible mediante medidas de mitigación recuperar a mediano plazo el área de influencia del río. Obviamente la solución a este problema es reubicar a los habitantes ribereños y evitar que otras personas las habiten (Véase la propuesta del plan de gestión ambiental), con lo cual a su vez se está disminuyendo otras actividades antrópicas y mejorando el nivel de vida de estas personas.

Es común observar a lo largo del área de estudio la presencia de cultivos de pan coger, como también la tala de vegetación, estas tienen efectos adversos sobre el componente suelo, pero debido a su durabilidad tienden a ser de efecto significativamente adverso; estas actividades contribuyen a la disminución de vegetación ribereña lo que reduce la cohesión del suelo, provocando cambios en la morfología y uso del mismo, dando inicio a la erosión. Simultáneo a estos impactos se genera alteración del paisaje, prevaleciendo en algunos sitios más que en otros como Pueblillo, barrio Bolívar, Cadillal, Pandiguando entre otros. Los impactos negativos generados por estas actividades son de mucha importancia y de gran magnitud debido a los daños que han causado y a los que potencialmente pueden originar ya que se presentan constantemente. Estos tienden a agravarse en época de invierno, pudiéndose mitigar mediante la construcción de gaviones “barreras” en sitio donde la revegetación es casi imposible; un ejemplo de esta medida en el sector de las canchas de Tulcán(Universidad del Cauca), lo cual se puede hacer en sitios como en las canchas del barrio Bolívar, Pueblillo y la María; en otros lugares se puede iniciar la recuperación y conservación de la vegetación ribereña, educando a los habitantes del sector

para que no sea intervenida; de la mano con entidades encargadas de la conservación del medio ambiente como la C.R.C. Los sectores donde más se debe enfatizar esta medida es en Pueblillo y en un sector de la María, siguiendo el ejemplo de algunos habitantes de el sector del Cadillal (detrás del Colegio INEM) quienes se han unido para la conservación y embellecimiento de sus riberas.

Por otra parte es común observar a lo largo del transcurso del río, desde el barrio Pueblillo hasta la María, sitios utilizados para botadero de escombros y basuras; ocurriendo sin excepción en los nueve puentes por donde pasa. En algunos barrios de la ciudad las basuras y desechos son arrojados en la riberas del río o directamente al agua, provocando efectos adversos sobre el uso del suelo, vegetación ribereña, calidad del agua, alteración del paisaje y en algunos casos afecta indirectamente la salud de los habitantes, ya que generan vectores infecciosos debido a la acumulación de basura. Indudablemente los impactos causados por estas actividades son negativos y si bien no tienen mucha magnitud, generan alta importancia puesto que a lo largo plazo se podría estar dando una eutroficación de las aguas. La forma de mitigar estos impactos es implementar la educación ambiental a toda la población del municipio de Popayán, como también realizar un mayor control de vigilancia ambiental para así disminuir el desarrollo de estas actividades.

El verter aguas residuales continuamente al río es una de las actividades que unido a la invasión de riberas presenta efectos significativamente adversos sobre el ecosistema en estudio, esta es una de las actividades que mayor impacto está generando directamente a esta corriente, afectando la calidad de la misma, el caudal y la turbiedad desde que ingresa a la zona urbana de Popayán; a partir de Pueblillo, como no existe un colector o tratamiento de aguas residuales; la calidad del agua cambia totalmente debido a dichos vertimientos y aunque existe un colector desde el barrio Yanaconas hasta Pandiguando no hay cambio positivo en cuanto a la condición se refiere ya que existen muchas viviendas invadiendo sus riberas, arrojando directamente sus residuos líquidos; la contaminación que esto provoca genera efectos significativamente adversos en la salud de las persona que habitan cerca de el; también afecta la recreación puesto que prácticamente no existen sitios para esta actividad en comparación de años anteriores. La magnitud e importancia de estos impactos es demasiado alta, puesto que son efectos durables y su reversibilidad es a largo plazo, ya

que son causados por una serie de actividades antrópicas negativas que se deben erradicar por completo. Directamente la medida de mitigación es la construcción de plantas de tratamientos para aguas residuales (PTARs), actualmente esta medida esta en estudio por parte de la C.R.C., se tienen ubicados los sitios donde van a ser instaladas, pero este proyecto es a largo plazo debido a su costo.

En cuanto a la extracción de material aluvial, es una de las actividades que más indicadores está afectando adversamente, y se podría afirmar que es la primer forma antrópica que provoca impactos negativos en el cuerpo de agua; directamente afecta la calidad físico-química del agua, este hecho se puede observar entre la bocatoma del acueducto de Tulcán siendo transparente y utilizada para consumo humano y 500m más abajo donde comienza el barrio Pueblillo (lugar donde se realiza la extracción de arena y grava en mayor cantidad y con mayor frecuencia), la turbiedad es alta y su calidad no es apta para consumo humano; sin embargo este no es el único impacto que se esta presentando, existen otros efectos significativamente adversos que afectan el hábitat y la diversidad de la fauna bentónica e indirectamente se está afectando indicadores como salud, recreación y paisaje. A pesar de esto se está generando un efecto benéfico debido a que produce empleo, el cual beneficia a muchas familias. A lo largo del trayecto del río en el municipio de Popayán existen dos sectores donde se esta ejerciendo con mayor intensidad esta actividad, estos lugares son Pueblillo y en la María antes de unirse el Molino con el Ejido, en este lugar la contaminación del río es muy alta y se acaba de agravar con la extracción de materiales y sobretodo se agudiza el impacto negativo sobre la salud de las personas que se dedican a este trabajo. Los impactos negativos tienen un efecto ambiental de gran importancia y magnitud debido a la presión que se ha ejercido por esta actividad durante muchos años sobre el ecosistema, a pesar de la vigilancia que ha ejercido la Alcaldía y la C.R.C. La solución inmediata posible a este problema seria controlar la extracción de materiales, sin acabar con esta fuente de empleo de la cual dependen muchas familias, se podría organizar grupos determinados de trabajadores, para que saquen material en una época y momento dado e incrementar la vigilancia en cuanto a extracción de materiales se refiere.

Con base en las redes de interacción y las matrices analizadas anteriormente se puede decir que los impactos negativos que se están presentando son el reflejo de un ecosistema que poco a poco se ha ido degradando debido a una serie de actividades antrópicas que en el momento benefician al hombre pero a largo plazo han ido desequilibrándolo. Las actividades antrópicas existentes en el área de trabajo van ligadas unas a otras aunque algunas generan mayor impacto sobre varios componentes, por lo tanto la reversibilidad de dichos impactos depende de eliminar o minimizar las actividades antrópicas que se realicen en las riberas.

6. PERFIL DE GESTION AMBIENTAL

A partir de los resultados obtenidos de la matriz de Fearo, se propone el siguiente perfil de gestión ambiental de río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán. Pretendiendo dar algunas soluciones o recomendaciones a impactos generados por diferentes actividades antrópicas en el área de estudio.

Este perfil debe ser concertado con la comunidad para darle participación activa en la toma de decisiones y de programas estructurales de educación ambiental. Se pretende que los habitantes en el área de influencia y aledaños a esta adquieran un sentido de pertenencia por los recursos naturales de su sector.

Vegetación:

Para el caso de la vegetación nativa ribereña, que ha disminuido por actividades como tala, cultivos y construcción, se deben contemplar planes de restauración y conservación a lo largo del área de estudio con el fin de evitar procesos erosivos e inundaciones; permitiendo un mejoramiento paisajístico y ambiental del sector.

En el caso de la recuperación y conservación se recomienda sembrar especies nativas como nacedero(*Trichanthera gigantea*), roble(*Quercus humboldtii*), guadua(*Guadua angustifolia*), carbonero(*Calliandra* sp), arrayán(*Myrcia popayanensis*), entre otros. Ornamentales como guayacán amarillo (*Tabebuia chrysantha*), Guayacán rosado (*Tabebuia rosea*) y guayabo (*Psidium guajava*), de colores atractivos para mejorar el paisaje. Estos favorecen la oferta ambiental e hídrica para la fauna y comunidad, conservando la productividad biológica sin degradar los procesos ecológicos y los sistemas vitales.

El plan debe ser de desarrollo sostenible, requiriendo un monitoreo de la cobertura vegetal a largo plazo, con el fin de mejorar la calidad de vida sosteniendo la calidad ambiental. En este monitoreo debe incluirse la participación comunitaria permanente, asesorado por entidades encargadas del medio ambiente como la C.R.C.

Esta participación incluye programas de educación ambiental formal y no formal donde la comunidad muestre sus expectativas, intereses y necesidades.

Para ello se deben incluir organizaciones como ONGs y entidades como Alcaldía, Policía y Medios de Comunicación entre otros, para concientizar a la ciudadanía en general.

Suelo:

El cual está siendo afectado por un uso inadecuado generando pérdida de horizonte orgánico y erosión producida por diferentes actividades antrópicas como es la invasión ribereña, el arrojo de desechos sólidos y el cambio de vegetación natural por cultivos de pan coger.

Actualmente el proyecto a realizar mas urgente es la corrección, restauración y monitoreo del grado de erosión presente en algunos sitios del área de estudio. Para lo que se recomienda, debido a que se está trabajando con recursos naturales, alternativas de bioingeniería para no afectar el paisaje. Estas corresponderían a muros de contención o gaviones contruidos con rocas, mimetizados con vegetación. Evitando el crecimiento del proceso erosivo de los márgenes del cauce, en determinados sectores, causados por las corrientes del río.

Para corregir este impacto también se recomienda el uso de barreras vivas con plantas de crecimiento tupido, sembradas a través de las pendientes o en los 30m del área de protección del río, disminuyendo la velocidad del agua sobre la superficie del terreno, absorbiendo la energía de las gotas de lluvia interceptándolas al caer, reduciendo de esta manera el escurrimiento; mejorando la cohesión, porosidad del suelo mediante las raíces y aumentando la actividad biológica del suelo. (UNESCO, 1995), se sugiere vegetación como pasto micay(*Oxonopus* sp), pasto imperial(*Brachiaria brizanta*), caña brava(*Gynerium sagittatum*), nacedero(*Thichanthera gigantea*), bambú(*Bambusa* sp), sauce(*Salix*

humboldtiana) y cabuya (*Furcraea sp*); obviamente esta propuesta deber ir ligada al perfil de gestión sugerida para la vegetación¹⁹.

Es necesaria la restauración de algunos lotes baldíos que están siendo utilizados como botaderos de residuos sólidos (escombros y basuras) o lugares propicios para la delincuencia que alteran la seguridad del sector. Es recomendable que se adecuen y utilicen para la recreación y el deporte (construcción de parques recreativos, canchas de microfútbol, fútbol, baloncesto, etc).

Para el desarrollo de este plan, es indispensable la participación de entidades como la C.R.C., encargada de velar por los recursos naturales y el estado que protege el bienestar de la ciudadanía, sobretodo en la solución mas urgente como es contrarrestar los procesos erosivos. Para esto se involucra de forma activa a la comunidad en la formulación de diferentes proyectos concertados con el estado o con entidades públicas o privadas que estén dispuestas a contribuir con el mejoramiento de la calidad ambiental como del buen uso de los recursos naturales, lo que se verá reflejado en una buena condición de vida.

Para el desarrollo adecuado de estos proyectos es necesaria un investigación interdisciplinaria previa del ecosistema en estado cero, sin intervención de estos, como también en la asesoría y educación ambiental al recurso humano afectado directamente, concomitante a esto se puede encargar directamente a la comunidad del monitoreo continuo de todos estos proyectos.

Agua:

Este componente se ha visto afectado directamente en el área de estudio, en cuanto a calidad se refiere, debido a algunas actividades generadas por el hombre y al crecimiento de la ciudad, que ha afectado e incrementado la contaminación del río en el transcurso de los años. Actividades como vertimientos directos de aguas residuales, extracción de material

¹⁹ Ramírez V, Alonso y Ortiz R, Gloria. Uso y manejo de los suelos de la meseta de Popayán. Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario, 1988. 57p.

de arrastre y vertedero de basuras los cuales tienden un efecto significativamente adverso. La solución de estos problemas requieren sobre todo de la participación de diferentes entidades del gobierno (Alcaldía, C.R.C. Acueducto Municipal) las cuales deben velar por el adecuado uso y manejo de los recursos naturales, estas entidades en conjunto deben establecer programas encaminados a la restauración de este en un tiempo no muy largo dependiendo del grado de contaminación en que se encuentre.

Se sugiere en primera instancia la ubicación de colectores en lugares donde las aguas residuales se vierten directamente al Molino, como es el caso del barrio Pueblillo y desde el barrio Pandiguando hasta la desembocadura del río Ejido. Para darle continuidad a esta primera acción y lograr el objetivo propuesto, es necesario agilizar e iniciar planes necesarios para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's) tales como lagunas anaerobias, UASB (reactor anaerobio de manto de lodos), lodos activados, sedimentadores primarios, filtros humedales; en la actualidad muchos sistemas de tratamiento de aguas residuales incorporan con éxito plantas acuáticas en su proceso de depuración entre otros; algunos de los cuales podrían trabajarse en conjunto, con el fin de remover la materia orgánica de estas aguas residuales y a la vez tratar de generar subproductos de algún valor energético como el metano²⁰. Los estudios al respecto ya han sido elaborados por la C.R.C. obteniendo buenos resultados y gran viabilidad para llevar a cabo este proyecto. Simultáneo a esta actividad deben existir planes de recuperación de diferentes afluentes que lleguen al río Molino y un continuo monitoreo que implican análisis físico-químico y bacteriológicos del cuerpo de agua con el fin de llevar un seguimiento para evaluar la eficacia del programa que se este desarrollando.

Por otra parte la contaminación que se está produciendo por la extracción de material aluvial y por desecho de residuos sólidos debe ser en primera instancia controlada por las entidades ambientales, las cuales deben encargarse de involucrar a la ciudadanía en general, incentivando a la participación y conservación mediante programas ambientales de

²⁰ Control de la contaminación hídrica de la Ciudad de Popayán "Selección de tecnología para el tratamiento de agua residual". Convenio C.R.C. Universidad del Cauca y Cinara, Santiago de Cali, 2000

restauración y descontaminación de río y de sus riberas, se podrían crear en los colegios brigadas ambientales donde una de sus tareas sea colaborar en este propósito.

Acordar con la comunidad planes donde ellos tengan la iniciativa y a la vez actúen como autoridades encargadas de conservar y evitar que se sigan arrojando basuras y escombros al mismo. Respecto a la extracción de materiales del río es una actividad que no se puede eliminar definitivamente ya que podría causar un impacto social negativo, pero si se puede llegar a un acuerdo y control entre las autoridades ambientales del municipio y los trabajadores que desempeñan esta actividad, donde se adquiere el compromiso de no exceder la capacidad de extracción que soporte el río, dependiendo de la época del año, lo cual debe ser controlado permanentemente sobre todo por la C.R.C.

Es de destacar que la anterior propuesta del perfil de gestión ambiental, va encaminado a recuperar los componentes naturales del ecosistema en estudio, para que en realidad sea ecosistemas ribereños equilibrado; y por tanto cada una de estas propuestas están interrelacionadas con el componente antrópico, puesto que la descontaminación y restauración de río Molino y sus riberas favorecerán en gran parte al mejoramiento de la calidad de vida y seguridad social del mismo, no solo para los habitantes ribereños, sino para la ciudadanía en general. La cual participará y actuará en conjunto con las diferentes entidades ambientales en diversos programas educativos y de recuperación del área de estudio, como del municipio de Popayán; conllevando finalmente a una recuperación de paisaje ribereño.

Por último se debe hacer énfasis en fortalecer las campañas educativas y ecológicas en los colegios del municipio de Popayán, enfatizando la conservación de los recursos naturales y que el ecosistema es un gran engranaje; si una tuerca funcional mal todo el sistema se ve perjudicado. Esto con el tiempo crearía una conciencia ambiental muy importante para la comunidad y para las entidades encargadas de cuidar el recurso hídrico como la C.R.C., Alcaldía Municipal, entre otros.

7. CONCLUSIONES

- El río Molino forma parte de la historia de Popayán y como tal ha sufrido los cambios que a través de los años se han presentado, algunos positivos pero predominan los negativos, los cuales generan variedad de impactos que no solo afecta al río, sino también al ecosistema y a los habitantes que se encuentra en su entorno.

- El análisis ambiental realizado a cada uno de los componentes abiótico, biótico y antrópico en el río Molino y su área de influencia, muestran como poco a poco el ecosistema esta siendo afectado por diversos impactos negativos, como la invasión de riberas y extracción de materiales entre otros, disminuyendo así su calidad ambiental, lo que se va agravando a medida que este pasa por la zona urbana del municipio de Popayán.

- Aunque son varias las actividades que están generando impactos sobre el ecosistema, el principal problema radica en la violación del decreto 1449 y en el constante vertedero de aguas residuales domésticas directamente al río. La invasión de riberas se puede observar a lo largo del cauce del Molino en Popayán, pero sobre todo en sectores como Pueblillo, barrio San Francisco, Cadillal, Pandiguando y la María; se le ha dado solución parcial reubicando a esta personas pero al cabo de un tiempo se vuelve a presentar este problema.

- La calidad Físico – Química del agua presenta un alto grado de deterioro, sobretodo en la zonas 2 y 4 del área de estudio. La zona 2, correspondiente al barrio Pueblillo, tiene este problema debido a que no existe un colector para aguas residuales de uso doméstico, por lo que el vertimiento de estas se hace de forma directa al río y sin ningún tratamiento; sucede lo mismo en la zona 4, ya que desemboca el colector que transporta todas las aguas residuales de gran parte de la ciudad de Popayán.

➤ Los resultados de la fauna béntica confirman lo obtenido con los análisis físico-químicos, iniciando biológicamente desde la zona 1 con aguas medianamente contaminadas hasta la 5 con aguas fuertemente contaminadas, esta según los macroinvertebrados encontrados se debe principalmente a el exceso de materia orgánica en el cuerpo de agua. En comparación con años anteriores disminuyó el índice de diversidad, sobre todo en la zona 1 donde el incremento de extracción de material de arrastre del río hace que el hábitat de este tipo de fauna disminuya o desaparezca totalmente.

➤ Al identificar la vegetación ribereña y cobertura vegetal existente en el área de estudio se pudo comprobar que en la mayor parte de las riberas del río este tipo de vegetación ha cambiado totalmente, utilizando estos espacios para sembrar cultivos de pan coger, esto sobre todo en el sector de Pueblillo, Junín y la María; mientras que en otros sectores se ha cambiado por viviendas en donde, en muchos casos, el río forma parte del patio de la casa. Los impactos generados van a ser pérdida de suelo de riberas debido a la erosión hídrica, incremento de inundaciones y menor efectividad de depuración del río.

➤ La intervención antrópica a disminuido la vegetación natural del río, el estrato arbóreo fue reemplazado por el herbáceo destacándose algunos pastos como *Eleusine indica*, *Eragrostis patula* y *Melinis minutiflora* entre otros; también sobresalen *Acalypha macrostachya* y *Hedychium coronarium*. La vegetación ribereña fue reemplazada por cultivos de pan coger como *Coffea arabica*, *Inga sp*, *Zea mays* y *Psidium guajava*, etc. Esto trae consigo problemas de erosión de los márgenes del río.

➤ Geológicamente el suelo encontrado en el área de estudio se caracteriza por presentar depósitos fluvio-lacustres, que en general son suelos blandos, húmedos y muy inestables; esto unido a la escasa o nula vegetación ribereña existente, hacen que se convierta en un área de alto riesgo puesto que son susceptibles a deslizamientos o inundaciones, impactos que ya han afectado a muchas personas

que tienen sus viviendas ubicadas cerca al cauce del río Molino sin importar las leyes estipuladas y sin tener en cuenta un plan de prevención de desastres.

➤ La constante construcción de viviendas a 30 o menos metros a cada lado del cauce y el continuo arrojado de escombros y basuras en las riberas del río están causando un deterioro ambiental y estético, afectando también el componente antrópico y paisajístico, este último en general es de regular calidad y fragilidad; alterando finalmente al ecosistema en estudio.

➤ El vertimiento de aguas residuales de uso doméstico y la invasión de riberas, son las actividades antrópicas que mayor número de impactos están generando sobre el área de estudio, como también son las que con mayor frecuencia se presentan a lo largo del río; por lo tanto, la mala calidad ambiental del área de estudio se debe en su mayor parte a estos dos factores.

➤ El efecto significativamente benéfico encontrado a lo largo del área de estudio es la fuente de empleo generada por la extracción de material del río, beneficiando a un gran grupo de familias que solo dependen de este ingreso, pero influye negativamente en la calidad físico-química y biológica del cuerpo de agua natural.

8. BIBLIOGRAFIA

BELLOCH MARQUES, Vicente. Dirección general del medio ambiente : Curso sobre Evaluaciones de Impacto Ambiental. 2ed. Madrid: EPES, Industrias Gráficas, 1984. 263p.

CANTER, Larry W. Manual de evaluación de impacto ambiental. Madrid: McGraw-Hill, 1998. 841p.

COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA E INGEOMINAS. Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán. Popayán: Ingeominas., s.f. 208p.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (C.R.C). Plan de manejo de la Cuenca del río Molino. Popayán: C.R.C, 1996. 182p.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (C.R.C); UNIVALLE y CINARA. Programa Control de la Contaminación Hídrica de la Ciudad de Popayán : selección de tecnología para el tratamiento de agua residual. Santiago de Cali: s.n., 2000. 44p.

FIGUEROA, Apolinar; CONTRERAS, Rafael y SANCHEZ, Juan. Evaluación de Impactos Ambientales : un instrumento para el desarrollo. Santiago de Cali: s.n., 1998. 175p.

_____ et al. Guía para la elaboración de estudios de efecto ambiental en carreteras y canales navegables. Popayán: s.n., 1991.

HOLDRIDGE, L.R. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA, 1978. 158p.

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (ITGE). Evaluación y corrección de impactos Ambientales. España: ITGE, 1991. 300p.

LASSO, Aída; et al. Causas y consecuencias de la situación ambiental de la comuna tres del Municipio de Popayán. Popayán, 1996., 160p. Trabajo de Grado (Licenciatura en Ciencias Sociales–Especialidad Geografía). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.

LUNA ZAMBRANO, Carlos. Suelos de ceniza volcánica del Cauca. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1975.

MINISTERIO DE SALUD. El agua un recurso invaluable. Santa Fe de Bogotá: A.R.Q, Diseñadores Gráficos, 1992.

MUÑOZ, Alemán et al. Caracterización Físico–Química e Hidrobiológica del río Cauca: sector Embalse de la Salvajina, puente el Hormiguero Fase III. Popayán, 1991., Trabajo de Grado (Licenciatura en Biología). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.

NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paúl. Los seres vivos de las aguas dulces. San Francisco, USA: Reverté, 1982.131p.

RAMÍREZ V, Alonso y ORTIZ R, Gloria. Uso y manejo de los suelos de la meseta de Popayán. Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario, 1988, 57p.

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamentos de Limnología Neotropical : Colección ciencia y tecnología. Antioquia: Universidad de Antioquia, 1992.

_____ Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Antioquia: Universidad de Antioquia, 1988, 217p.

SEMINARIO NACIONAL SOBRE HABITAT URBANO Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL. (1º : 1989 Manizales). Memorias del primer seminario nacional sobre hábitat urbano y problemática ambiental Manizales: Icfes. 1989.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS. Manual de gestión ambiental. Bogotá: s.n., s.f.155p.

TORRES DAZA, Carlos Hernando. Evaluación en la oferta hídrica para proponer alternativas de gestión ambiental en la zona baja de la cuenca del río palo, departamento de Cauca – Colombia. Popayán, 1998., Trabajo de grado (Maestría en Recursos Hidrobiológicos). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.

UNESCO. Aspectos geológicos de protección ambiental. Uruguay: oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO, 1995

VALDERRAMA V, Luz Teresa. Plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales. En: Innovación y Ciencia. Vol. 6, No. 2 (1997); p.47-53

VASQUEZ, Guillermo. Caracterización Físico–Química de cuerpos de agua natural. Popayán: Universidad del Cauca, s.f.

VILLEGAS POSADA, Francisco Alberto. Evaluación y control de la contaminación. Bogotá: Universidad Nacional, 1995.143p.

ZAMBRANO POLANCO, Leonidas y VALVERDE PARDO, Antonio José. Los indicadores y la evaluación ambiental. Popayán: Editorial Universidad del Cauca, 1998.23p.

ZAMORA, Hildier. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia : Unicauca Ciencia. Popayán: Universidad del Cauca, Vol. 4 – Diciembre 1999.

_____; NAUNDORF, Gerardo. Efecto excluyente de la contaminación domestica sobre los macroinvertebrados acuáticos del río Molino durante una década. Popayán: Universidad del Cauca, 1990.

_____. Niveles de Alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antropicas y la contaminación domestica. Popayán: Universidad del Cauca, 1991.

_____. et al. Niveles de contaminación del río Molino con base en sus características Físico químicas y biológicas. Popayán: Universidad del Cauca, 1981.

ANEXOS

ANEXO A
LISTA DE CHEQUEO

LISTA DE CHEQUEO

Lista de control simple descriptiva, aplicada a cada una de las zonas de estudio:

ZONA N°

COMPONENTES DEL ECOSISTEMA	OBSERVACIONES
1. ABIÓTICO	
Características y usos del suelo	- Se observa alguna alteración del suelo o existe un uso diferente al establecido por planeación Municipal? Otros comentario...
Erosión y cambios de morfología	-Que tipo de erosión se observa. Existe cambio morfológico o de pendiente en el suelo.?
Calidad aparente del agua del río Molino	- Se observa alguna alteración del cuerpo de agua, incremento de turbiedad etc, la alteración observada afecta a las personas?
Otras observaciones.....	
2. BIOTICO	
Fauna béntica	
Vegetación existente	-Hay alteración o disminución de la vegetación ribereña, cual es el estrato dominante, tipo de vegetación existente?
Otros comentarios....	
3. PAISAJE	Existe intervención o alteración del paisaje natural. Cuenca visual.?
Otros comentarios.....	

4.ANTRÓPICO

Tipo de actividades antrópicas realizada en esta zona. -Estas actividades afectan o causan impactos en el ecosistema del área de estudio?

Presencia de residuos sólidos y vertimientos -Con que frecuencia se presentan estas actividades y que efecto tienen.?

Presencia de invasión de riberas -Es una actividad común en el área de estudio?, a que distancia del cause del río se encuentran las viviendas?

Empleo -Las actividades antrópicas realizadas, generan empleo directo o indirecto?

Presencia de cultivos -Tipos de cultivos y frecuencia en la que se observan?, afectan el entorno?

Otros comentarios.....

Observaciones y comentarios realizados por personas que habitan cerca al área de estudio:

ANEXO B

DECRETO 1449 DEL 27 DE JUNIO DE 1977

**REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

DECRETO 1449 DEL 27 DE JUNIO DE 1977.

Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, en ejercicio de las facultades que le confiere el artículo 120 ordinal 3 de la Constitución Nacional,

DECRETA:

Artículo 1: Para los efectos del inciso primero del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961, se entenderá que los propietarios de predios rurales han cumplido en lo esencial con las normas establecidas sobre la conservación de los recursos naturales renovables, cuando en relación con ellos se hayan observado las disposiciones previstas en el presente Decreto.

Artículo 2: En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios están obligados a:

1. No incorporar en las aguas, cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, tales como basuras, desechos, desperdicios, o cualquier sustancia tóxica, o lavar en ellas utensilios, empaques o envases que los contengan o hayan contenido.
2. Observar las normas que establezcan el INDERENA y el ICA para proteger la calidad de los recursos, en materia de aplicación de productos agroquímicos.
3. No provocar la alteración del flujo natural de las aguas o el cambio de su lechos o cauce como resultado de la construcción o desarrollo de actividades no amparadas por permiso o concesión del INDERENA, o de la violación de las previsiones contenidas en la resolución de concesión o permiso.
4. Aprovechar las aguas con eficiencia y economía en el lugar y para el objeto previsto en la resolución de concesión.
5. No utilizar mayor cantidad de agua que la otorgada en la concesión.
6. Construir y mantener las instalaciones y obras hidráulicas en las condiciones adecuadas de acuerdo con la resolución de otorgamiento.

7. Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito, se derramen o salgan de las obras que las deban contener.
8. Contribuir proporcionalmente a la conservación de las estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes.
9. Construir pozos sépticos para coleccionar y tratar las aguas negras producidas en el predio cuando no existan sistemas de alcantarillado al cual puedan conectarse.
10. Conservar en buen estado de limpieza los cauces y depósitos de aguas naturales o artificiales que existan en sus predios, controlar los residuos de fertilizantes, con el fin de mantener el flujo normal de las aguas y evitar el crecimiento excesivo de la flora acuática.

Artículo 3: En relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a:

1. Mantener en cobertura boscosa dentro del predio las áreas forestales protectoras.

Se entiende por áreas forestales protectoras:

- a. Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia.
 - b. Una faja no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua.
 - c. Los terrenos con pendientes superiores al 100% (45°).
2. Proteger los ejemplares de especies de la flora silvestre vedadas que existan dentro del predio.
 3. Cumplir las disposiciones relacionadas con la prevención de incendios, de plagas forestales y con el control de quemadas.

Artículo 4: Los propietarios de predios de más de 50 hectáreas deberán mantener en cobertura forestal por lo menos un 10% de su extensión, porcentaje que podrá variar el INDERENA cuando lo considere conveniente.

Para establecer el cumplimiento de esta obligación se tendrá en cuenta la cobertura forestal de las áreas protectora a que se refiere el numeral 1. del artículo 3 de este Decreto y de aquellas otras en donde se encuentran establecidas cercas vivas, barreras cortafuegos o protectoras de taludes de vías de comunicación o de canales que estén dentro de su propiedad.

Artículo 5: En terrenos baldíos adjudicados mayores de 50 hectáreas el propietario deberá mantener una proporción de 20% de la extensión del terreno en cobertura forestal. Para

establecer el cumplimiento de esta obligación se tendrán en cuenta las mismas áreas previstas en el artículo anterior.

El INDERENA podrá variar este porcentaje cuando lo considere conveniente.

Artículo 6: En relación con la protección y conservación de la fauna terrestre y acuática, los propietarios de predios están obligados a:

1. No incurrir en las conductas prohibidas por los artículos 265, 282 y 283 del Decreto Ley 2811 de 1974.
2. Dar aviso al INDERENA si en su predio existen nichos o hábitats de especies protegidas o si en él se encuentran en forma permanente o transitoria ejemplares de especies igualmente protegidas.

Respecto de unos y otros deberán cumplir las normas de conservación y protección.

3. Impedir que dentro de su predio o en aguas o predios riberaños, se infrinjan por terceros las prohibiciones previstas por los artículos 265, 282 y 283 del Decreto Ley 2811 de 1974, especialmente en cuanto se refiere a:

- a. Las instalaciones de chinchorros o trasmallos, o de cualquier otro elemento que impida el libre y permanente paso de los peces en las bocas de las ciénagas, caños o canales naturales.
- b. La contaminación de las aguas o de la atmósfera con elementos o productos que destruyan la fauna silvestre, acuática o terrestre.
- c. La pesca con dinamita o barbasco.
- d. La caza y pesca de especies vedadas o en tiempos o áreas vedadas, o con métodos prohibidos.

Inmediatamente conocida la ejecución de cualquiera de los hechos a que se refiere este artículo, el propietario deberá dar aviso a la oficina más cercana del INDERENA.

Artículo 7: En relación con la protección y conservación de los suelos, los propietarios de predios están obligados a:

1. Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el ICA, el IGAC y el INDERENA.
2. Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación o revenimiento y en general la pérdida o degradación de los suelos.

3. Mantener la cobertura vegetal de los terrenos dedicados a ganadería, para lo cual se evitará la formación de caminos de ganado o terracetas que se producen por sobrepastoreo y otras prácticas que traigan como consecuencia la erosión o degradación de los suelos.

4. No construir o realizar obras no indispensables para la producción agropecuaria en los suelos que tengan esta vocación.

5. proteger y mantener la vegetación protectora de los taludes de las vías de comunicación o de los canales cuando dichos taludes estén dentro de su propiedad y establecer barreras vegetales de protección en el borde de los mismos, cuando los terrenos cercanos a estas vías o canales no puedan mantenerse todo el año cubiertos de vegetación.

6. Proteger y mantener la cobertura vegetal a laso y lado de las acequias en una franja igual a dos veces el ancho de la acequia.

Artículo 8: En todo caso los propietarios están obligados a:

a. Facilitar y cooperar en la práctica de diligencias que el INDERENA considere convenientes para supervisar el cumplimiento de las obligaciones a que se refiere este Decreto y suministrar los datos y documentos que le sean requeridos.

b. Informar al INDERENA en forma inmediata si dentro de sus predios vecinos, o en aguas riberanas se producen deterioros en los recursos naturales renovables por causas naturales o por el hecho de terceros, o existe el peligro de que se produzcan, y a cooperar en las labores de prevención o corrección que adelante el INDERENA.

Artículo 9: La contravención de las normas establecidas por el INDERENA en relación con la conservación y protección de los recursos naturales renovables, o de las disposiciones contenidas en las resoluciones que otorgan concesiones, permiso o autorización para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables se tendrá como incumplimiento para los fines de este Decreto, incumplimiento que será calificado según sea la incidencia del mismo en relación con la conservación del recurso.

Artículo 10: Este Decreto rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial.

COMUNIQUESE Y CUMPLASE.

Dado en Bogotá D.E., a los 27 días de junio de 1977.

ANEXO C

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL DE PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RIO MOLINO

ANEXO D

**ENCUESTA PARA LAS FAMILIAS QUE HABITAN EN
EL AREA DE ESTUDIO**

ANEXO E

INFORME DE LABORATORIO ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. PUNTO 1

ANEXO F

INFORME DE LABORATORIO
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. PUNTO 2

ANEXO G

INFORME DE LABORATORIO ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. PUNTO 3

ANEXO H

**INFORME DE LABORATORIO
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. PUNTO 4**

ANEXO I

INFORME DE LABORATORIO ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO. PUNTO 5