

**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA LOS PROBLEMAS
AMBIENTALES IDENTIFICADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MOLINO**

CHRISTIAN YESID CHAVEZ LOPEZ



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2013**

**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA LOS PROBLEMAS
AMBIENTALES IDENTIFICADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MOLINO**

CHRISTIAN YESID CHAVEZ LOPEZ

**Trabajo de grado, requisito parcial para optar al título de:
Biólogo**

**Director
LEONIDAS ZAMBRANO POLANCO, Mg. Sc**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2013**

Nota de aceptación

Director _____
Mg. Sc. Leonidas Zambrano Polanco

Jurado _____

Jurado _____

“A Glory a Valen a mi madre y a mis hermanos y suegros por confiar, apoyarme y creer en mi incondicionalmente, son la inspiración de este trabajo”

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios, a mi familia, a mis padres, hermanos y suegros los cuales colaboraron incansablemente en el camino a mi profesión.

A mi director de trabajo de grado Leonidas Zambrano Polanco y al profesor Diego Masías Pinto los cuales me otorgaron las bases claras para lograr a cabalidad este trabajo, al profesor José Beltrán el cual apoyo este estudio en la parte técnico y logístico para el buen desarrollo de este y a mi compañero y amigo Camilo Arturo el cual estuvo conmigo desde el reingreso explicándome y colaborándome en cada paso de este trabajo.

Al Ing. Físico David Quiñones el cual colaboró junto a Camilo Arturo en todas las salidas de campo.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 4 |
| 4. ANTECEDENTES | 5 |
| 5. MARCO TEORICO | 6 |
| 6. OBJETIVOS | 8 |
| 6.1. Objetivo general | 8 |
| 6.2. Objetivos específicos | 8 |
| 7. ZONA DE ESTUDIO | 9 |
| 8. METODOLOGIA | 10 |
| 8.1. Caracterización ambiental | 11 |
| 8.1.1. Calidad del agua | 11 |
| 8.1.1.1. Calidad fisicoquímica | 11 |
| 8.1.1.2. Calidad biológica | 11 |
| 8.2.1. Vegetación | 11 |
| 8.2.2. Cobertura vegetal | 12 |
| 8.2.3. Zona ribereña | 12 |
| 8.2.4. Uso del suelo | 13 |
| 8.2.5. Valoración cualitativa del paisaje | 13 |
| 8.2.6. Análisis de datos | 13 |
| 9. EVALUACIÓN AMBIENTAL | 14 |
| 9.1. Plan de gestión ambiental | 14 |
| 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 15 |
| 10.1. Caracterización ambiental | 15 |
| 10.1.1. Calidad fisicoquímica del agua | 15 |
| 10.1.2. Calidad biológica | 18 |
| 10.2. Zona ribereña | 21 |
| 10.2.1. Cobertura vegetal | 21 |
| 10.2.2. Vegetación | 23 |
| 10.2.3. Calidad de la vegetación riparia | 24 |
| 10..2.4. Uso del suelo | 26 |
| 10.3. Calidad del paisaje. | 27 |
| 11. EVALUACION AMBIENTAL | 29 |
| 11.1. Zonificación ambiental | 29 |
| 11.2. Lista de chequeo | 30 |
| 11.3. Matriz de influencias dependencias | 32 |
| 11.4. Plan de gestión ambiental | 38 |
| 12. CONCLUSIONES. | 59 |
| 13. BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| 14. ANEXOS | 64 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Rangos de calidad de conservación de la vegetación de ribera propuestos para el QBR-And. | 12 |
| Cuadro 2. Presenta los sitios de muestreo con sus diferentes datos físico-químicos encontrados. | 17 |
| Cuadro 3. Diversidad general de macroinvertebrados acuáticos río Molino | 18 |
| Cuadro 4. Calificación calidad de aguas. BMWP | 19 |
| Cuadro 5. Comunidad de Macroinvertebrados acuáticos del río Molino | 20 |
| Cuadro 6. Tipos o clases de coberturas y uso del suelo en la subcuenca del río Molino. | 22 |
| Cuadro 7. Plantas mas representativas zona 1. | 23 |
| Cuadro 8. Plantas mas representativas zona 2. | 24 |
| Cuadro 9. Calificación del índice QBR por sitios | 26 |
| Cuadro 10. Resultados valoración cualitativa del paisaje en la cuenca del río Molino | 28 |
| Cuadro 11. Lista de puentes presentes en el río Molino | 31 |
| Cuadro 12. Lista de chequeo | 32 |
| Cuadro 13. Matriz de influencias – dependencias | 33 |
| Cuadro 14. Lista de influencias dependencias presentes en la subcuenca del río Molino | 35 |
| Cuadro 15. Números de referencia para cada variable según la figura 7. | 35 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Esquema Metodológico. | 10 |
| Figura 2. Abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticos del Rio Molino. | 18 |
| Figura 3. Numero de organismos por familias. | 19 |
| Figura 4. Abundancia por individuo familia Chrinomidea en cada sitio de muestreo. | 21 |
| Figura 5. Abundancia por número de individuos familia Tubificidea por sitio de muestreo. | 21 |
| Figura 6. Abundancia en numero de individuos de la familia Hydropsychedae en cada sitio. | 21 |
| Figura 7. Distribución espacial en los cuadrantes de dependencia e influencias. | 35 |

Formulación de un Plan de Gestión para los problemas ambientales identificados en la subcuenca del río Molino

RESUMEN

En este trabajo se realizó la caracterización ambiental, se identificaron los tensores, los problemas originados y se realizaron aportes para la formulación de un plan de gestión ambiental para la subcuenca del río Molino.

Para conocer este ecosistema, su estado ambiental e identificar el grado de perturbación antrópica, se utilizaron indicadores ambientales de primer nivel. El análisis fisicoquímico del agua incluyó la medición de variables como: oxígeno disuelto (OD), pH, temperatura, conductividad, turbiedad, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales (SDT). Además, se evaluó la calidad del agua por medio de macroinvertebrados como bioindicadores. Con lo anterior y aunado a la observación, descripción y análisis de la cobertura vegetal ribereña, uso del suelo y de la valoración cualitativa del paisaje, se evaluó el estado ambiental en este cuerpo de agua. La evaluación ambiental cualitativa incluyó instrumentos como listas de chequeo y matrices de interacción. El muestreo abarcó la temporada de lluvia y de verano, desarrollándose en los sectores alto, medio y bajo de la subcuenca.

El análisis de los resultados aportó elementos e insumos para la elaboración de un plan de gestión para los problemas ambientales de la subcuenca y se realizó con base en la Metodología General para la Presentación de Estudios ambientales del Ministerio del medio ambiente, Colombia (2010) y el Plan de ordenación y manejo de la subcuenca elaborado por el Acueducto y alcantarillado de Popayán (2008) basándose en el componente ambiental con algunas modificaciones.

Palabras clave: Bioindicadores, fisicoquímica del agua, macroinvertebrados, Tensores, evaluación ambiental, gestión ambiental, río Molino.

1. INTRODUCCIÓN

A través de toda la historia de la humanidad, las diferentes civilizaciones se han venido asentando y desarrollando preferiblemente cerca de los ríos o canales de agua, siendo bienes y servicios aprovechados para múltiples necesidades e intereses que hasta la época actual siguen vigentes y como resultado de estas interacciones se han generado importantes y significativos efectos, dependiendo de la clase e intensidad de uso y manejo que las diferentes poblaciones y culturas le den a tales recursos.

En este contexto, al observar el río Molino en el municipio de Popayán, en el departamento de Cauca, Colombia, podemos preguntarnos ¿Cuál es el estado de sus componentes de acuerdo con el uso y manejo que la comunidad le ha venido dando a través de su historia?. ¿Cuáles son las actividades antrópicas que producen mayor efecto sobre el cauce y sus riberas?. ¿Cuál es su capacidad natural de autorregulación?. De la información anterior, se generan insumos para proponer diferentes formas de actuar sobre estos ambientes, los cuales nos permitirán influir de forma positiva en sus componentes y valores como la diversidad biológica, integridad y salud ecológica de los ecosistemas presentes en dicha subcuenca.

Los principales estudios globales realizados en este ecosistema son entre otros, el “Plan de Manejo y Ordenación de la Subcuenca Molino-Pubús”, realizado por la CRC (2006) y la “Caracterización Ambiental del río Molino en la zona urbana de Popayán 1999-2000” adelantado por Arias y Calvache (2002), los cuales constituyen importantes referencias teniendo como base aportes metodológicos para realizar comparaciones, que posibiliten en el futuro realizar un análisis espacio-temporal de estos ecosistemas.

La importancia de este trabajo es la de valorar cómo está cambiando el ambiente en presencia de factores humanos (Eldredge, 2002). Los ecosistemas pueden caracterizarse con variables como calidad del agua, análisis zona ribereña y valoración cualitativa del paisaje al mismo tiempo que se realiza una evaluación ambiental dándole suma importancia a la acción antrópica. Estas variables analizadas con la ayuda de las herramientas SIG permiten generar, además de localización y zonificación (Cobertura vegetal y uso de suelos), pautas necesarias para desarrollar planes de manejo o de gestión ambiental.

Caracterizar el impacto ambiental por medio de variables físicas y biológicas del medio, identificar zonas de mayor impacto a través de la evaluación ambiental y proponer lineamientos para la formulación de programas de gestión en la subcuenca constituye un aporte significativo para los procesos de ordenamiento ambiental del territorio. El desarrollo de este trabajo en el río Molino, “así concebido constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica” (Decreto 1729 de 2002).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Históricamente los asentamientos humanos en la región andina y en general en el País, se han ubicado a lo largo de las corrientes de agua. El río Molino, al igual que los demás ríos que atraviesan un perímetro urbano, es susceptible a la degradación ambiental, la cual puede por diferentes actuaciones como la contaminación de sus aguas, explotación inadecuada de sus recursos, tala de sus coberturas ribereñas, cambios en el uso del suelo, invasión de cauces, manejo inadecuado de vertimientos y residuos sólidos y construcciones civiles (Bocatoma para el acueducto, vías, puentes, viviendas, alcantarillado, etc.). La problemática anterior se ve agravada por la carencia de educación ambiental de las comunidades ribereñas tanto rurales como urbanas.

Para estudiar la problemática causada por las actividades antrópicas que repercuten en los componentes ambientales de la subcuenca, podremos preguntarnos: ¿Cuál es el estado de este ecosistema?. ¿Cuáles son los principales factores y sus efectos?. A partir de la información anterior se pretende identificar la problemática e inferir soluciones para el manejo integral del río Molino y su ribera.

3. JUSTIFICACIÓN

El río Molino atraviesa el perímetro urbano de la ciudad de Popayán prestando diversos servicios ambientales como el abastecimiento de agua de buena parte de la población del nororiente de la ciudad. El río, en su trayecto y desde su nacimiento, presenta diferentes tipos de alteración ecológica como son la escasa cobertura vegetal, que afectan directamente la fuente hídrica, el mal uso del suelo en las áreas de drenaje y un alto grado de intervención antrópica representados en la tala, quema, minería, agricultura y ganadería, redundando todo esto, en la pérdida de vegetación nativa y diversidad biológica así como en alteraciones en la calidad del agua y en general del estado de salud de la subcuenca.

A pesar de que se han realizado diversos estudios en este río (Zamora *et al*, 1981; Naundorf *et al*, 1991; Arias y Calvache, 2002; González, 2011 y CRC, 2006) es de suma importancia actualizar y comparar toda esta información para realizar una evaluación ambiental integral de este cuerpo de agua que permita la formulación y desarrollo de planes de manejo adecuados. Es así, como en este trabajo se pretende caracterizar el ambiente, el estado ambiental actual de la subcuenca del río Molino y aportar elementos que contribuyan de esta manera al manejo y ordenamiento ambiental del mismo.

4. ANTECEDENTES

En el estudio de las cuencas y de su problemática existen diferentes escuelas y concepciones. En el caso particular de la definición de río, hay diversidad de aportes y autores. Para Vannote *et al.* (1980) y (Minshall *et al.* 1985) (citados en: Figueroa, 1999), el concepto de *rio continuo* hace referencia a que “todos los cambios ocurridos en un tramo fluvial determinado, repercutirán aguas abajo sobre los distintos equilibrios físico químicos y biológicos que caracterizan la dinámica de las redes fluviales”.

A pesar de todo ello, el concepto de *rio continuo* ofrece una útil, aunque idealizada visión del funcionamiento de los ríos, a la vez que ofrece un marco para evaluar las diferentes hipótesis generadas por el modelo bajo diferentes condiciones ambientales (Vannote *et al.*, 1980).

A medida que el río Molino atraviesa o recorre la zona urbana de Popayán se presenta una “degradación acelerada” de la calidad del agua, afectando las poblaciones de indicadores biológicos y pérdida de aspectos paisajísticos y recreativos (Zamora, *et al.*, 1981; Zamora y Naundorf, 1990).

El estudio del paisaje implica una serie de análisis y metodologías que llevan a un proceso riguroso, estudiando tres términos esenciales: la parte biótica, abiótica y antrópica en el espacio y tiempo. Se introduce un análisis integrador bajo el concepto de sistemas dinámicos; de manera que el paisaje sea un producto dinámico en tiempo, en constante cambio natural, además modificado por el ser humano a lo largo de la historia. La descripción metodológica y conceptual del análisis científico del paisaje, se realiza para ser utilizado en la planificación del ordenamiento.

En el caso de las evaluaciones ambientales, se debe tener en cuenta el desequilibrio continuo natural y que es causado por diferentes factores como el clima, la geología y el uso del suelo; el estudio de indicadores que alteran el medio, permiten conocer ciertas condiciones del ecosistema para poder determinar el impacto ambiental (Naundorf *et al.*, 1991).

Arias y Calvache (2002), en el estudio “Caracterización Ambiental del río Molino en la zona urbana de Popayán 1999-2000”, utilizando variables fisicoquímicas y biológicas, como los macroinvertebrados y la comunidad microbiana, caracterizaron el estado ambiental del río en la parte urbana del municipio de Popayán.

González (2011), en el trabajo “Análisis Hidroclimatológico de la sub-cuenca del río Molino” realizó una hidrometría, utilizando un limnómetro y analizando el gasto de agua y su uso potencial en varios puntos desde su nacimiento hasta la desembocadura.

En el trabajo Plan de Ordenación y Manejo de la Subcuenca río Molino – quebrada Pubús, la Corporación Autónoma Regional del Cauca-CRC (2006), realizó un análisis de la subcuenca desde los parámetros biofísico y socioeconómico cultural. Este estudio incluyó componentes ambientales como la calidad del agua, hidrometría, demanda potencial de agua, geomorfología del suelo y cobertura vegetal generando información para entregar a todos los habitantes, instituciones del Estado y organizaciones no gubernamentales una herramienta de planificación basada en el conocimiento actualizado e integrado a los instrumentos de planificación ambiental y planes de desarrollo Municipal y Departamental.

5. MARCO TEORICO

Una de las contribuciones fundamentales del conocimiento científico en la sociedad es la información que aporta a cerca de las zonas afectadas por diferentes actividades humanas que interfieren en los ciclos naturales de manera directa e indirecta y que repercuten o maximizan las catástrofes naturales como inundaciones, deslizamientos entre otros.

De acuerdo con lo anterior, es importante revisar algunos conceptos que contribuyen a la estructuración y desarrollo de esta temática. En este sentido se destacan los siguientes aportes:

El río, definido como una corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar, reúne una amplia gama de sistemas muy diversos desde pequeños arroyos temporales a grandes y caudalosos ríos, y bajo condiciones muy diversas de clima, geología, topografía, vegetación e impactos humanos. Teniendo en cuenta lo anterior se establecen los puntos de muestreo ya que estos tienen mayor relevancia en características fisicoquímicas y biológicas.

Según el Decreto 1729 de 2002, se entiende por “cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”.

En este trabajo, un bioindicador de calidad de agua se concibe como un organismo que se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es un porcentaje superior o ligeramente similar al resto de los organismos con el que comparte el mismo hábitat (Roldán, 1999) nos ayuda a encontrar que tipo de hábitat y que características a nivel productivo poseen.

En los ríos que presentan contaminación por materia orgánica, aguas turbias con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera siempre encontrar las poblaciones dominantes de Oligoquetos, Chironómidos y ciertos Moluscos; pero ocasionalmente, puede presentarse algunos pocos individuos que se consideren indicadores de aguas limpias. En los ríos de aguas frías de alta montaña oligotróficas se pueden presentar poblaciones dominantes de Ephemérotos, Tricópteros y Plecópteros. En los ríos de aguas intermedias o mesotróficas, podemos encontrar poblaciones de Turbelarios, Hirudíneos, Moluscos (*Lymnaeidae* y *Physidae*), Chironómidos y Oligoquetos (Roldán, 1999).

Un área riparia es aquella que se encuentra junto o directamente influenciada por un cuerpo de agua. Riparia significa “perteneciente al banco de un río”, por lo tanto, se refiere a comunidades bióticas que viven a ambos lados de los ríos, quebradas, lagos e incluso algunos humedales y por lo general son áreas más fértiles y productivas, con mejor calidad de suelos y constituyen la última línea de defensa para la protección de la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos (Salazar *et al.* 2002).

El cambio en el uso del suelo, produce una transformación de hábitat, el cual se presenta como uno de los procesos que más amenaza la conservación de la diversidad biológica (Dobson, 1997) y los demás recursos naturales, por tal motivo, se destaca la importancia de la ordenación y la gestión ambiental sobre este recurso.

Los parámetros fisicoquímicos del río presentan cambios al paso por varios pisos térmicos, regiones fitogeográficas (Zonas de vida) y geológicas (uso de suelos), el cual arrastran y devuelven sustancias que alteran las características del agua. Estos fenómenos condicionan la adaptación y distribución de la flora microbiana y fauna béntica e íctica acompañante (Naundorf *et al*, 1991).

Pasando a una posición más global donde se tienen en cuenta muchos componentes ambientales surge el termino paisaje que se define como una compleja interacción de fenómenos en el espacio, tiempo y en un área determinada mas la actividad antrópica que en algunos casos es la forma de explicarlos o describirlos. El relieve y la vegetación son de mucha importancia ya que son estos los elementos más fácilmente percibidos, pero que también, controla las temperaturas y las precipitaciones, la circulación del agua, escorrentías y cauces; esto permite realizar un análisis detallado e integrado del relieve y la vegetación para disponer de información sobre el paisaje de un lugar determinado (García, 1997).

Después de tener claro como se describe o se observan los paisajes podremos identificar zonas o realizar una zonificación ambiental que es una herramienta muy útil para la planificación, manejo y uso racional de los recursos naturales; es la manera como guiar a la sociedad a un equilibrio hombre naturaleza teniendo en cuenta capacidad de uso, tasa de extracción, acervo cultural de las sociedades y capacidad de auto recuperación de los ecosistemas (Quintero y Pérez, 2000).

Los ecosistemas como escenarios dinámicos donde se desarrollan procesos antrópicos están expuestos a diferentes formas de presión que actúan sobre los componentes bióticos, abióticos y socio-económicos. La caracterización de esta información permite conocer alternativas integrales que llevadas a cabo pueden atenuar algunos efectos nocivos para el manejo de las actividades que se desarrollan en el ecosistema.

La evaluación ambiental se utiliza para un análisis ambiental preventivo, y su finalidad es decidir la pertinencia de un estudio de detalle, enfocar la evaluación en los impactos significativos y definir lo que se va a incluir en el análisis más específico. En definitiva, ayuda a identificar los requisitos que se deben cumplir con la finalidad de alcanzar la sustentabilidad ambiental (Espinosa, 2001).

La toma de decisiones se puede fundamentar a través de un conjunto de indicadores que permitan representar el perfil ambiental objetivo, como elemento de análisis al interior de los grupos interdisciplinarios para prospectar alternativas que se conjuguen integralmente con las actividades humanas atemperando los efectos que se puedan presentar.

6. OBJETIVOS

6.1. General

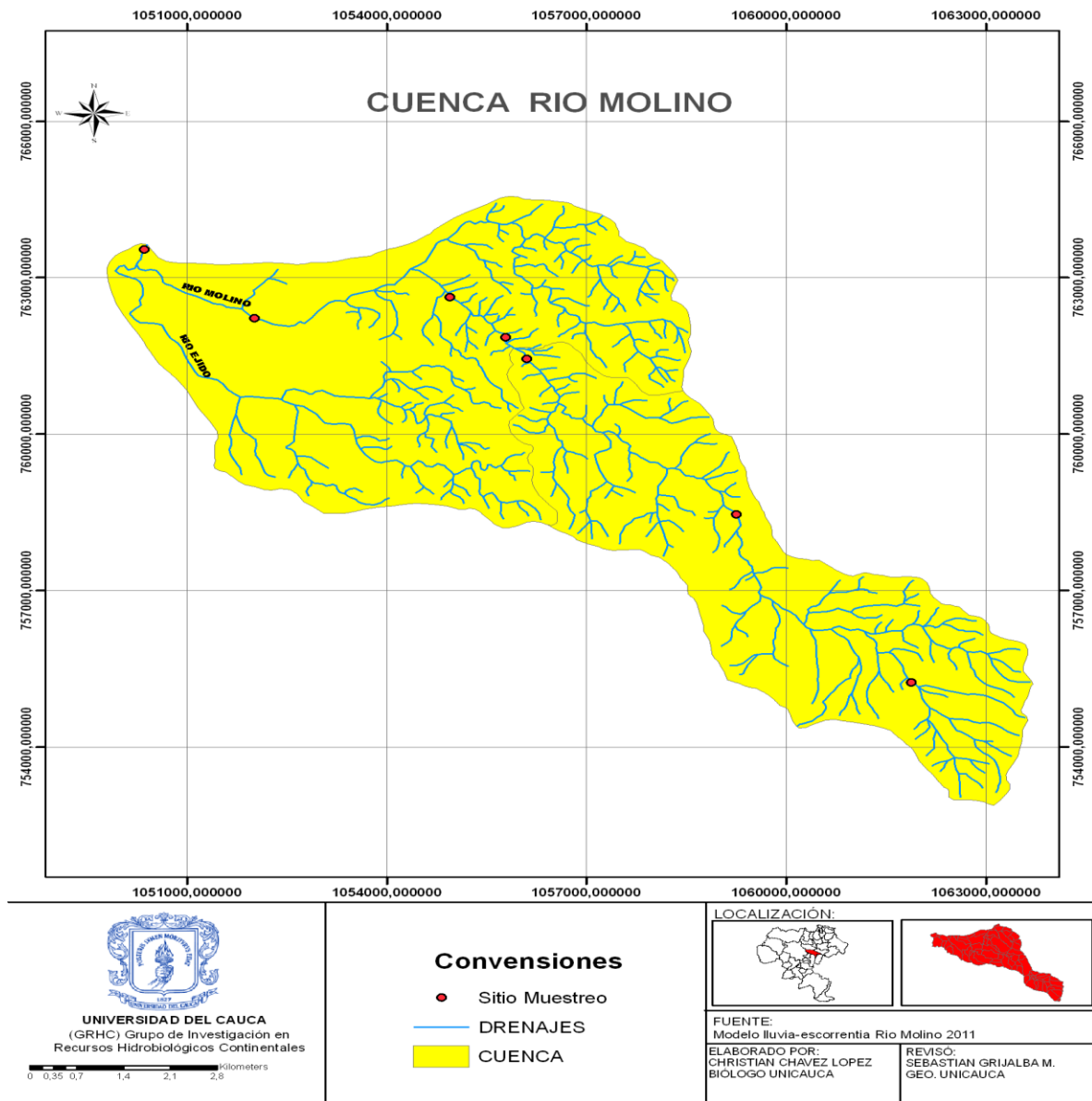
Elaborar un plan de gestión ambiental para la problemática ambiental identificada en la subcuenca del río Molino.

6.2. Específicos

- Caracterizar el ecosistema a través de los componentes: calidad del agua (físicoquímica y bioindicadores), vegetación, estado de la cobertura vegetal riparia y usos del suelo.
- Realizar una valoración cualitativa del paisaje ribereño de la subcuenca del río Molino.
- Identificar los principales factores que caracterizan la intervención antrópica sobre los diversos componentes del ecosistema y realizar una evaluación ambiental cualitativa de los mismos.
- Formular un plan de gestión ambiental para los problemas significativos identificados en el proceso de evaluación ambiental.

7. ZONA DE ESTUDIO

El río Molino nace ($2^{\circ} 22' 41.40''$ N - $76^{\circ} 31' 9.49''$ O) en la cordillera Central en la vereda Arrayanes, municipio de Coconuco. Pertenece a la cuenca del río Cauca y atraviesa diferentes zonas de vida en su recorrido prestando diferentes servicios ambientales, entra a la ciudad de Popayán ($2^{\circ} 27' 25.95''$ N- $76^{\circ} 35' 11.35''$ O) con dirección noreste-suroeste hasta desembocar en el río Cauca ($2^{\circ} 27' 31.78''$ N - $76^{\circ} 37' 28.32''$ O). En este trabajo se realizaron muestreos desde el nacimiento hasta la desembocadura de la subcuenca (Mapa 1).



Mapa 1. Subcuenca río Molino con localización de los puntos de muestreo.

8. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada en este estudio incluyó revisión de información secundaria, trabajo de campo y laboratorio. A partir de la información consolidada para estructurar la línea base se efectuó la evaluación ambiental, la cual identificó los tensores y valoró cualitativamente los efectos de las actividades antrópicas sobre los diversos componentes ecosistémicos en la subcuenca del río Molino y con estos insumos se formularon lineamientos para la estructuración el plan de gestión ambiental (PGA), acorde con la problemática identificada (Figura 1).

Figura 1. Esquema Metodológico.



La caracterización de la zona de vida (Espinal, 1977) se realizó con base en los sistemas de clasificación de Holdridge (1978) y Cuatrecasas (1958). La información básica para clasificar cada zona se obtuvo del IGAC (2009), al igual que lo relacionado con los datos de clima, suelo y topografía.

La escogencia de los 6 sitios se realizó teniendo en cuenta las características de la zona, la información que estos pudieran recoger y su incidencia para la formulación del plan de gestión ambiental.

8. 1. Caracterización Ambiental

La caracterización ambiental incluyó la medición de la calidad del agua por medio de variables fisicoquímicas y biológicas a través de bioindicadores (Macroinvertebrados), el estudio de la zona ribereña y la valoración cualitativa del paisaje.

8.1.1 Calidad del Agua

8.1.1.1 Calidad fisicoquímica. Este análisis incluyó los parámetros fisicoquímicos, los cuales se evaluaron utilizando sondas múltiparamétrica de la marca Hash, YSI y kids Acuamerc para toma de datos y la evaluación según parámetros o rangos propuestos por Vásquez (2002) y Andújar y Henao (2008).

Se realizó toma y análisis de las muestras de agua colectadas en campo se trabajó con los siguientes parámetros: pH, Temperatura del agua, sólidos suspendidos totales (SST), Turbidez, Conductividad, Oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, Nitratos y Dióxido de carbono.

8.1.1.2 Calidad Biológica. Para este análisis de la calidad biológica del agua, se utilizó las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, organismos que constituyen uno de los componentes principales de las cadenas tróficas en su medio y que además, por sus características, se consideraron indicadores muy importantes para determinar la calidad de las aguas naturales.

Los macroinvertebrados bentónicos son considerados los mejores indicadores biológicos, debido a que son muy abundantes, se encuentran en prácticamente todos los ecosistemas de agua dulce y su recolección es simple y de bajo costo. El cual mide la calidad del agua en un rango desde oligotrófico hasta eutrófico. Dentro de este contexto se utilizó en el presente estudio la adaptación del Índice BMWP para Colombia (Zamora, 1999) además se utilizó el índice de diversidad de Margalef el cual nos indico abundancia en cada sitio.

La toma de las muestras se hizo a partir de la recolección de hojarasca, lodo, revisión rocas y la red de bentos, teniendo en cuenta que en cada sitio de muestreo se realizaron 3 repeticiones de cada uno de ellos. Los organismos capturados se colocaron en recipientes plásticos con alcohol al 70% para asegurar su preservación. Todas las muestras se rotularon con datos del lugar, fecha de recolección y forma de colecta. Las muestras se transportaron al laboratorio de recursos Hidrobiológicos Continentales del departamento de Biología de la Universidad del Cauca, donde se identificaron con ayuda de claves taxonómicas.

8.2.1. Vegetación.

El estudio de la zona ribereña incluyó la vegetación más representativa de la áreas o transectos seleccionados; la valoración de la cobertura vegetal y los usos del suelo.

El trabajo de la vegetación se realizó a través de muestreos cualitativos que se localizaron en los relictos de bosque, para cada sector o estación de muestreo se identificaron y relacionaron las especies dominantes. En cada estación se levantaron transectos de 25 m x 4 m en los cuáles se colectaron e identificaron las especies con DAP \geq 3 cm. Igualmente, se tomó la información relacionada con: altura total (Ht), altura del

fuste (Hf) y diámetro de copa (Dc), para determinar la cobertura. Los ejemplares fértiles colectados y georeferenciados, se procesaron, identificaron y finalmente fueron incluidos en el herbario CAUP de la Universidad del Cauca. El material se determinó utilizando claves taxonómicas, confrontándolo con las colecciones del herbario y consultando información en bases de datos como Trópicos del Missouri Botanical Garden (MOBOT), así como literatura especializada sobre el tema. Con la información anterior se realizó un listado de composición para cada sector con la vegetación más representativa de cada zona estudiada en la subcuenca.

La investigación de la vegetación ribereña se realizó en dos zonas las cuales fueron escogidas por presentar mayor cobertura de bosque natural ribereño y se efectuó en las temporadas lluviosa (marzo, abril y mayo) y seca (junio, julio y agosto), con el propósito de obtener una idea general y cualitativa de la clase y estado de la vegetación de cada localidad.

8.2.2. Cobertura Vegetal.

A través de fotografías digitales obtenidas del mapa de Colombia Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se realizó la vectorización (convertir archivos tipo imagen a archivos de autocad) para posterior medida de áreas homogéneas que previamente se georeferenciaron en campo y verifico que tipo de cobertura se presentaba en dichas zonas. Al obtener los diferentes mapas de zonificación se procedió a la superposición en google earth, Arc Gis o grass, lo cual permitió realizar un análisis de los mismos. Todo lo anterior se trabajo con base al mapa a 1: 25000 del Instituto Geografico Agustin Codazzi.

8.2.3. Zona Ribereña

Calidad de la vegetación riparia. La calidad de la vegetación ribereña se evaluó aplicando el índice de calidad del bosque-QBR-And (Andino) adaptado según las especies nativas e introducidas en dichas zonas de acuerdo con Acosta, *et al.* (2009). Para calcular el índice QBR se tuvo en cuenta el grado de la cobertura riparia, la estructura de la cobertura, la calidad de la cobertura y el grado de naturalidad del canal fluvial (Suárez. *et al.*, 2002).

El Cuadro 1 presenta los rangos para la calificación de la calidad de ribera según Acosta *et al.*, 2009 de la subcuenca del río Molino.

Cuadro 1. Rangos de calidad de conservación de la vegetación de ribera propuestos para el QBR-And. *

| Nivel de calidad | QBR-And | Color representativo |
|---|---------|----------------------|
| Vegetación de ribera sin alteraciones: calidad muy buena, estado natural. | ≥ 96 | Azul |
| Vegetación ligeramente perturbada: calidad buena. | 76-95 | Verde |
| Inicio de alteración importante: calidad intermedia. | 51-75 | Amarillo |
| Alteración fuerte: mala calidad. | 26-50 | Naranja |
| Degradación extrema: calidad pésima. | ≤ 25 | Rojo |

* Fuente: Acosta *et al.* 2009.

8.2.4. Uso del suelo.

Para evaluar el uso del suelo en la subcuenca se trabajó con información secundaria, revisando la cartografía IGAC (2009), obteniendo datos del uso actual y potencial del mismo, e identificando las situaciones de conflicto teniendo en cuenta la compatibilidad e incompatibilidad de las actuaciones sobre el territorio en el área de influencia de la subcuenca.

8.2.5. Valoración cualitativa del Paisaje

A partir de la información colectada en campo se incluyeron los indicadores que describen y determinan las variables físicas, biológicas con sus respectivos índices; y la información sobre las huellas de la intervención antrópica, se siguió la metodología de valoración del paisaje para una cuenca hidrográfica utilizada por Martínez-Villar (2010) y adaptado por Zambrano (2011), para la valoración cualitativa del paisaje. Este instrumento fue probado en campo y ajustado según los requerimientos específicos de este estudio.

De acuerdo con observaciones de campo se eligieron 3 sectores o secciones de muestreo teniendo en cuenta el estado de conservación y el tipo y grado de intervención antrópica y siguiendo el concepto de río continuo. El primero con un solo punto de muestreo se ubica en la parte alta, el segundo con tres puntos de muestreo en la parte media entre la parte alta y Pueblillo y el último en la parte baja localizado en la zona urbana de Popayán con tres puntos de muestreo, después de Pueblillo; sector histórico y desembocadura (en total son 7 puntos de muestreo). Los muestreos se distribuyeron y llevaron a cabo de tal manera que incluyeran épocas de lluvias (marzo-abril-mayo) y de verano (junio-julio-agosto).

En cada sector de muestreo se realizó la identificación de las especies indicadoras más representativas y su relación con los otros componentes del paisaje.

Para la valoración de la calidad visual, método utilizado en el presente trabajo se realizó una combinación de métodos directos e indirectos. La valoración directa se realizó a partir de la observación de la totalidad del paisaje, aprovechando los recorridos de campo y la consulta de las fichas de campo con su correspondiente documentación fotográfica. Para la valoración indirecta el método integro valoraciones cualitativas y cuantitativas, evaluando, analizando y describiendo sus componentes, apoyado con fotografías digitales (Paisaje de La Rioja, 2005).

8.2.6. Análisis de datos

El tratamiento de los datos físico-químicos se llevó a cabo aplicando correlaciones de Pearson, con el programa "SPSSStatistical" (Ludwig & Reynolds, 1988), utilizado para encontrar correlaciones entre los grupos de macroinvertebrados acuáticos identificados y las variables fisicoquímicas, además del patrón de relaciones entre los sitios de muestreo. De igual forma se realizó una correlación entre las variables físico-químicas, la riqueza y el índice de especies obtenidas.

Para el análisis de la información obtenida sobre los macroinvertebrados, se utilizó el programa PAST. Además se trabajaron los índices de calidad BMWP (Zamora, 2007) y de diversidad de Margalef (1949).

9. Evaluación Ambiental

A partir de la información colectada en campo sobre las variables físicas, biológicas y ambientales, se llevó a cabo la evaluación ambiental cualitativa aplicando básicamente dos instrumentos: una lista de chequeo o de verificación y una matriz, en este caso la de influencias- dependencias, a través de los cuales se identificaron y evaluaron las actividades que producen perturbaciones sobre los componentes ecosistémicos de la subcuenca y su área de influencia directa.

La matriz de Influencias-Dependencias, se aplicó con la finalidad de identificar las actividades presentes en la zona de estudio, actividades que actúan como tensores y generen impactos en los componentes ecosistémicos a nivel biótico, abiótico y antrópico. Lo más valioso de la matriz es que identificó las actuaciones con su grado tanto de Influencia o Motricidad, como de Dependencia sobre los componentes ambientales. Este instrumento también posibilitó la identificación de actividades y/o componentes en estado de conflicto.

Se identificaron de manera satisfactoria dichas presiones o variables indicadoras dependientes e influyentes que nos permitieron centrar la atención y escoger indicadores que correspondan a la evaluación de la problemática.

La Lista de Chequeo o de Verificación: permitió asociar una serie de componentes de manera global y específica para visualizar la problemática (Arias & Calvache, 2002). Se aplicó para identificar los impactos ambientales y aporta ideas acerca de las variables, ya sean componentes o actividades que se tomaron como insumo a la hora de organizar la matriz, realizar la evaluación cualitativa y el respectivo análisis. A partir de la información colectada en campo y de la aplicación de los instrumentos de evaluación se realizó el análisis de la información para formular a través de fichas técnicas, el aporte al Plan de Gestión Ambiental (PGA) para los problemas identificados en el ecosistema.

9.1. Plan de Gestión Ambiental

Una vez se realizada la caracterización ambiental, se identificaron y evaluaron las diferentes problemáticas que afectan las diferentes zonas o sectores de la subcuenca, para inferir y generar con ello un plan para el uso sostenible de la misma. El plan incluyó la formulación de programas específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar las zonas de mayor alteración en la cuenca hidrográfica. Se tuvieron en cuenta las diferentes metodologías y/o fichas de valoración ambiental como las reportadas en el manual de estudios ambientales del Ministerio del Ambiente (2010) y las guías ambientales del INVÍAS (2007 y 2011), efectuando las modificaciones y adaptaciones que faciliten la aplicación de estos instrumentos al ecosistema objeto de estudio.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10. 1. Caracterización ambiental

10.1.1 Calidad fisicoquímica del agua.

En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos en los diferentes sitios de muestreo para las dos temporadas.

En el sitio después del Nacimiento o P1, el oxígeno disuelto posee un valor que varía entre 8 y 13 mg/l, temperatura del agua alrededor de 14⁰C, el dióxido de carbono presentó niveles bajos entre 1,2 mg/l, al igual que la turbidez, la cual estuvo entre 2 y 3 NTU, el pH se encontró en un nivel óptimo de 7 y la conductividad se reportó entre los rangos de 0 y 50 mmho/cm, lo que nos indica un ambiente oligotrófico de alta montaña (Vásquez, 2002).

En el sitio P2 o puente Santa Bárbara, la temperatura aumentó hasta los 18⁰C, el pH se mantuvo constante en un valor de 7, el oxígeno disuelto osciló entre 8 y 12 mg/l, el porcentaje de saturación de oxígeno mostró una sobresaturación con un valor alrededor de 112%, la turbidez se mantuvo constante con valores de 3 NTU, la conductividad y los TDS empezaron a revelar un aumento con valores de 45 mmho/cm y 10 NTU respectivamente; lo mismo pasó con el dióxido de carbono el cual presentó valores entre 1,2 y 2,5 mg/l.

En el sitio P3 o Antes Bocatoma, la temperatura del agua se mantuvo constante con valores cercanos a los 18⁰C, el pH entre 6 y 7, el oxígeno disuelto empezó a disminuir, mostrando valores entre 6 y 9 mg/l y con éste el porcentaje de saturación de oxígeno, obteniendo valores por debajo del 100%; el dióxido de carbono, la turbidez y la conductividad se mantuvieron constantes al sitio P2, los TDS presentaron un leve aumento con valores cercanos a los 20 mg/l.

En el lugar Después Bocatoma o sitio P4, la temperatura del agua manifestó un aumento con valores cercanos a los 20⁰C, el pH se tornó ácido con valores de 4,7, el oxígeno siguió disminuyendo con valores entre 5 y 8 mg/l, afectando el porcentaje de saturación, el cual se encuentra en el límite óptimo fisiológico del 80%, las variables dióxido de carbono y turbidez permanecen iguales al sitio anterior con valores de 2 mg/l y 7 NTU, respectivamente, mientras la conductividad aumentó con 46 mmho/cm y los TDS de igual forma, con valores alrededor de los 22 mg/l.

El sitio P5 o Pueblillo, la temperatura del agua se mantuvo en los 20⁰C, el pH se encontró entre los límites fisiológicos de 6 a 7, el oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y dióxido de carbono se mantuvieron constantes al sitio P4, la conductividad con 49 mmho/cm, la turbidez con 11 NTU y los TDS con 26 mg/l siguieron aumentando.

DIAN o sitio P6, la temperatura del agua y la conductividad se mantuvo igual al sitio P5, el pH varía entre 6 y 7, el oxígeno disuelto disminuyó con valores de alrededor de 5 mg/l, afectando directamente al porcentaje de saturación (70%), el dióxido de carbono, la turbidez y los TDS presentaron un aumento con valores de 4,5 mg/l, 34 NTU y 30 mg/l, respectivamente.

La Desembocadura o sitio P6, la temperatura del agua y el pH se mantuvo constante, al igual que el sitio P5, el oxígeno disuelto presentó los valores mas bajos entre 0 y 1,5 mg/l,

al igual que el porcentaje de saturación (20%); la turbidez, conductividad y los TDS presentaron un aumento considerable con valores de 71 NTU, 178 mmho/cm y 45 mg/l, respectivamente.

La variabilidad de los datos presentó un detrimento desde la vereda Pueblillo hasta la Desembocadura en el río Cauca, presentando la mayor concentración de oxígeno hacia el Nacimiento (13 mg/l), esto debido a la poca intervención humana, que mantiene la estructura natural del río, al contrario pasa en la Desembocadura, donde se presenta la menor concentración (1,4 mg/l), debido al mal manejo de residuos sólidos y líquidos durante todo el trayecto, otra variable, que nos señala este grave detrimento, es la conductividad, presentando sus mayores valores en la desembocadura (200,6 mmho/cm), que muestra una gran mineralización del agua, un aumento en los cationes sodio, potasio, calcio y magnesio; al igual que los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros; estos se relaciona directamente con la dureza, alcalinidad y sólidos disueltos totales (Los ICA y la Calidad de las Aguas 2011), aumentado la productividad del sistema, pasando desde un sistema oligotrófico en el Nacimiento a uno hipertrófico en la Desembocadura, otra variable que nos señala la misma problemática es la turbidez, presentando de igual forma un detrimento influenciado directamente por procesos erosivos, extractivos y contaminación por materia orgánica, obteniendo valores de 10 NTU en Pueblillo hasta 70 NTU en la Desembocadura.

En cuanto a la concentración de dióxido de carbono, los resultados obedecen a procesos de respiración y oxidación por degradación de materia orgánica, evidenciando una relación inversa con la concentración de oxígeno, presentando sus mayores valores (9 mg/l) en la Desembocadura, debido al vertimiento directo de las aguas residuales de todos los asentamientos humanos e infraestructuras, presentes en la cuenca.

El pH, está determinado directamente por la naturaleza del sustrato, reacciones químicas y los sólidos disueltos totales en los sitios de muestreo, hasta antes de la Bocatoma, encontrando un pH neutro, al contrario de los sitios de muestro después de la Bocatoma, hasta la Desembocadura que presenta un pH ligeramente ácido por el aumento de la oxidación de materia orgánica, este incremento en la acidez disminuye considerablemente la productividad primaria, provocando un impacto en la composición y estructura de las diferentes comunidades de macroinvertebrados encontrados en la cuenca.

Cuadro 2. Datos fisicoquímicos del agua encontrados en cada sitio de la subcuenca del río Molino.

| SITIO DE MUESTREO | Muestreo | Temperatura del Agua °C | pH | O.D. mg/l | % Saturación de Oxígeno | CO mg/l | Alcalinidad Total mmol/l | Turbiedad NTU | Conductividad mmhos/cm | TDS mg/l |
|-------------------------------|----------|-------------------------|------|-----------|-------------------------|---------|--------------------------|---------------|------------------------|----------|
| 1200 m despues del nacimiento | 1 | 15,1 | 7,39 | 8,09 | 106 | 1,5 | 0,8 | 2 | 56 | 2,6 |
| | 2 | 13,8 | 7 | 13,00 | 110 | 0,8 | 0,8 | 3 | 32,8 | 2,6 |
| Puente Vereda Santa Barbara | 1 | 18,1 | 6,8 | 7,78 | 107 | 2,5 | 0,8 | 2 | 58,6 | 10 |
| | 2 | 18,7 | 7,5 | 11,50 | 117 | 1,2 | 0,8 | 3 | 32,2 | 9 |
| 240 m Antes de la Bocatoma | 1 | 17,2 | 6,22 | 8,58 | 111 | 3 | 1 | 7 | 57,5 | 18 |
| | 2 | 15,8 | 6,22 | 6 | 60 | 1,8 | 1 | 7 | 31,1 | 20 |
| 210 m Despues de la Bocatoma | 1 | 19,9 | 4,66 | 7,99 | 109 | 2,5 | 0,8 | 7 | 60,3 | 19 |
| | 2 | 17,6 | 4,66 | 5,2 | 50 | 1,3 | 6 | 7 | 30,8 | 23 |
| Pueblillo | 1 | 20,4 | 6,35 | 7,81 | 107 | 4 | 0,8 | 10 | 64,5 | 27 |
| | 2 | 18,7 | 6,35 | 6,6 | 95 | 1,5 | 0,8 | 11 | 33,4 | 24 |
| DIAN | 1 | 20,2 | 6,56 | 4,77 | 67 | 5 | 1 | 36 | 57,2 | 32 |
| | 2 | 18,7 | 6,35 | 11,4 | 115 | 4 | 0,8 | 32 | 40,7 | 28 |
| Desembocadura Rio molino | 1 | 22,3 | 7,1 | 0,12 | 2 | 9 | 4,5 | 71 | 200,6 | 46 |
| | 2 | 20,5 | 6,8 | 1,4 | 20 | 9 | 1,6 | 70 | 154,8 | 44 |

1. alta época de lluvias.

2. baja época de lluvias.

10.1.2. Calidad Biológica.

Se colectaron 999 individuos pertenecientes a 14 órdenes y 33 familias, las más abundantes fueron Chironomidae con un 23,02 %, Hydropsyche 11,11% y Tubificidae 12,11% (figura 2), el orden más diverso fue Díptera con 9 familias.

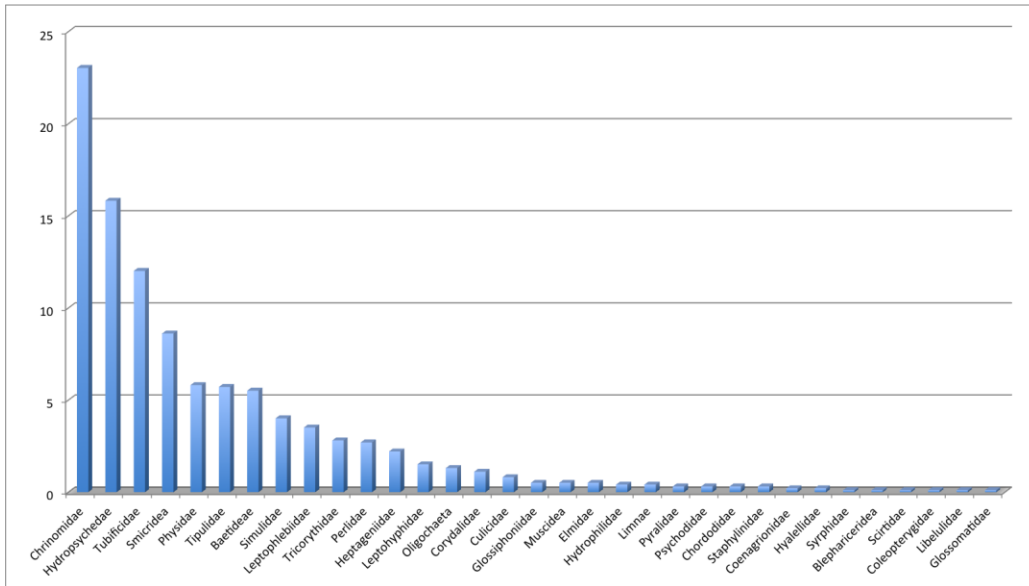


Figura 2. Abundancia de familias de macroinvertebrados acuáticos del río Molino.

El sitio P1 o Nacimiento es el de mayor diversidad, con 21 taxa y un índice de diversidad de Margalef de 3.997, seguido por el sitio P2 o Puente, con 20 taxa y un índice de diversidad de 3.828, esto es reflejo del efecto negativo de las actividades humanas sobre el estado de equilibrio de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos (Zamora, 1998). El sitio P3 y P4, Antes Bocatoma y Después Bocatoma, respectivamente, son sitios con una diversidad media, de alrededor de los 11 taxa y un índice de diversidad promedio de 2,20, esto se debe a la abundancia en número de individuos de las familias Smicridea, Hydropsyche y Heptageniidae. Los puntos P5 o Pueblillo, P6 o DIAN y P7 o Desembocadura, presentaron una baja diversidad, con un índice de Margalef menor a 2, a raíz de la extracción de material, pero en gran medida al aporte de carga orgánica al sistema, además de poseer familias dominantes en abundancia, como Chironominae, Tubificidae y Physidae (Cuadro 5).

Cuadro 3. Diversidad general de macroinvertebrados acuáticos del río Molino.

| Sitios | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Taxa_S | 21 | 20 | 11 | 12 | 9 | 5 | 6 |
| Margalef | 3.997 | 3.828 | 1.961 | 2.451 | 1.826 | 0,8526 | 0,8967 |

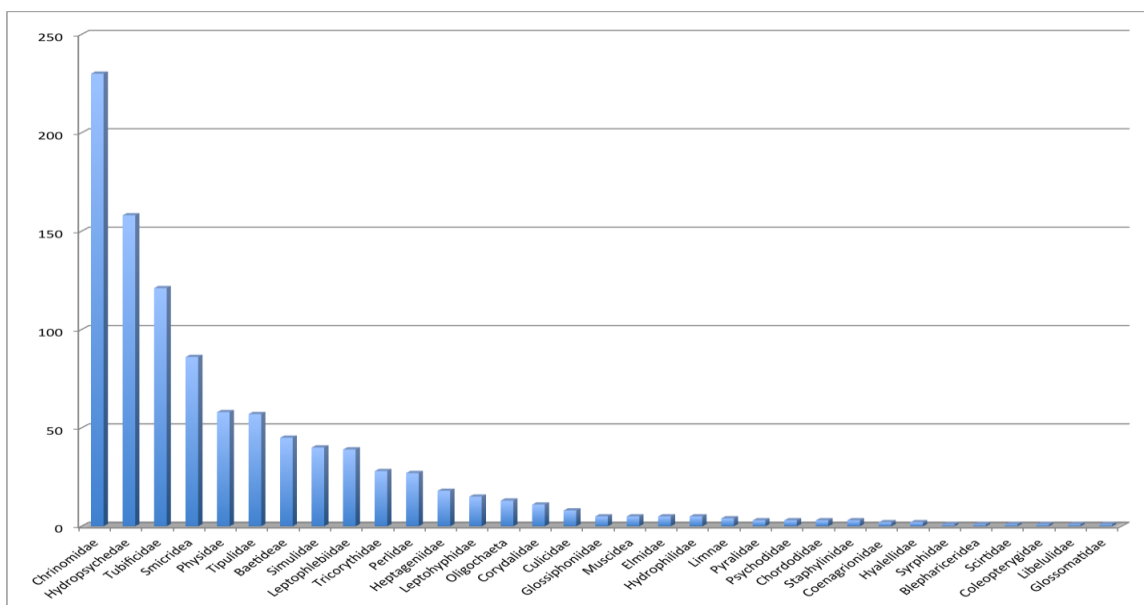
Para la calificación del agua, tenemos los mayores BMWP en los sitios P1 y P2, con una calificación de aguas aceptables en un 70% de su calidad ambiental óptima, donde se evidencia algunos efectos de contaminación por pérdida de bosque de ribera. Los sitios P3, P4 y P5 presentan una calidad dudosa, con aguas moderadamente contaminadas, esto producido por aguas residuales de alcantarillados veredales, más la actividad minera y construcciones civiles dentro del cauce del río. Los sitios P4 y P5 muestran una

calificación muy crítica, con un elevado número de individuos de especies indicadoras de aguas contaminadas, debido directamente al mal manejo de residuos del hospital San José y el Matadero municipal de la ciudad de Popayán, los cuales no poseen una adecuada planta de tratamiento para sus aguas residuales y más de 20 drenajes que mezclan aguas lluvias y residuales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calificación calidad de aguas: BMWP.

| Sitios | | BMWP | Calificación |
|----------------------|----|------|--------------|
| Después Nacimiento | P1 | 66 | Aceptable |
| Puente santa Bárbara | P2 | 69 | Aceptable |
| Antes Bocatoma | P3 | 53 | Dudosa |
| Después Bocatoma | P4 | 39 | Dudosa |
| Pueblillo | P5 | 37 | Dudosa |
| DIAN | P6 | 12 | Muy critica |
| Desembocadura | P7 | 14 | Muy critica |

Figura 3. Número de organismos por familias.



Cuadro 5. Comunidad de Macroinvertebrados acuáticos del río Molino.

| Ordenes | Familias | No. Individuos | % de abundancia |
|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Amphipoda | Hyaellidae | 2 | 0,21 |
| Coleoptero | Elmidae | 5 | 0,51 |
| | Hydrophilidae | 4 | 0,41 |
| | Scirtidae | 1 | 0,11 |
| | Staphylinidae | 3 | 0,31 |
| Clitellata | Tubificidae | 121 | 12,01 |
| Diptera | Simulidae | 40 | 4,01 |
| | Tipulidae | 57 | 5,71 |
| | Chironomidae | 230 | 23,03 |
| | Pyralidae | 3 | 0,31 |
| | Culicidae | 8 | 0,81 |
| | Psychodidae | 3 | 0,31 |
| | Syrphidae | 1 | 0,11 |
| | Muscidea | 5 | 0,51 |
| | Blephariceridea | 1 | 0,11 |
| Ephemeroptera | Baetidae | 45 | 5,51 |
| | Leptohyphidae | 15 | 1,51 |
| | Heptageniidae | 22 | 2,21 |
| | Leptophlebiidae | 35 | 3,51 |
| | Tricorythidae | 28 | 2,81 |
| Hirudineos | Glossiphoniidae | 5 | 0,51 |
| Megalopetera | Corydalidae | 11 | 1,11 |
| Molusco | Limnae | 4 | 0,41 |
| Nematomorpha | Chordodidae | 3 | 0,31 |
| Oligochaeta | | 13 | 1,31 |
| Odonato | Coleopterygidae | 1 | 0,11 |
| | Libelulidae | 1 | 0,11 |
| | Coenagrionidae | 2 | 0,21 |
| Planorboidea | Physidae | 58 | 5,81 |
| Plecopteros | Perlidae | 27 | 2,7 |
| Trichoptera | Smicridea | 86 | 8,61 |
| | Hydropsychidae | 158 | 15,82 |
| | Glossomatidae | 1 | 1,11 |
| Total individuos | | 999 | 100 |

Las variables con mayor número de correlaciones fueron porcentaje de saturación de oxígeno y oxígeno disuelto, resultando positivas para Chironimidea, Oligochaeta y Syrphidae, lo cual implica un criterio importante para la evaluación ambiental, indicando eutroficación en los lugares en donde predominan estos individuos. Lo anterior concuerda con los planteamientos de Vázquez (2002).

En las figuras 4 y 5, se evidencia una clara dominancia de individuos de las familias Chironomidae y Tubificidae en los sitios P5, P6 y P7, las que están relacionadas con aguas de mala calidad o eutróficas. En la figura 6 se muestra dominancia de la familia

Hydropsychedae en los sitios P2 y P3, esta familia hace referencia a una calidad de aguas mesotróficas, según el índice BMWP (Roldan, 1999).

Figura 4. Abundancia en número de individuo de la familia Chrinomidae en cada sitio de muestreo.

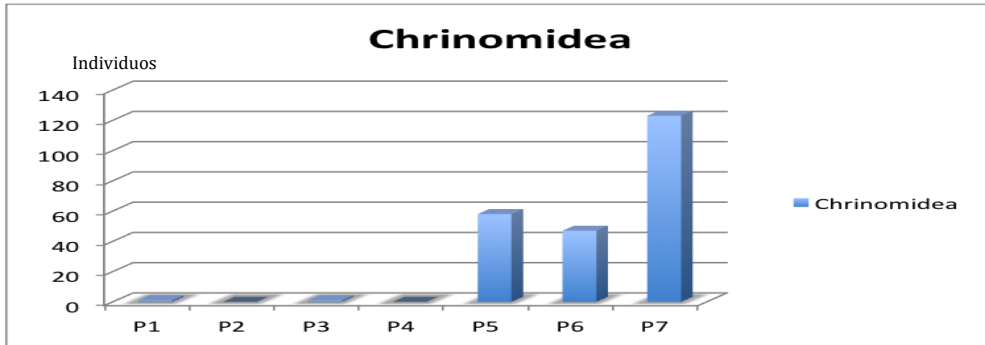


Figura 5. Abundancia en número de individuo de la familia Tubificidae por sitio de muestreo.

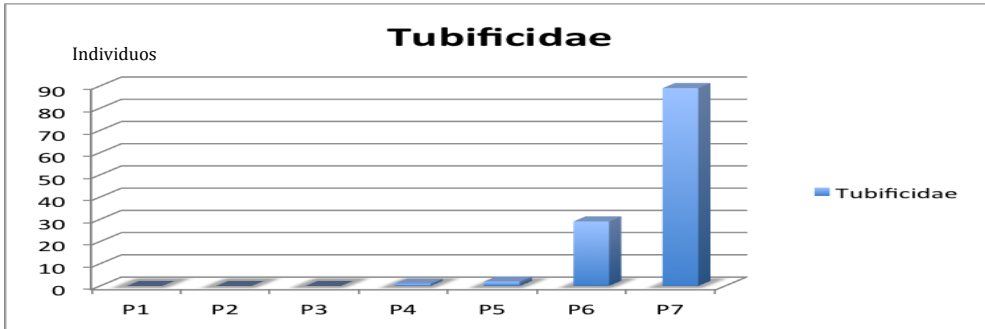
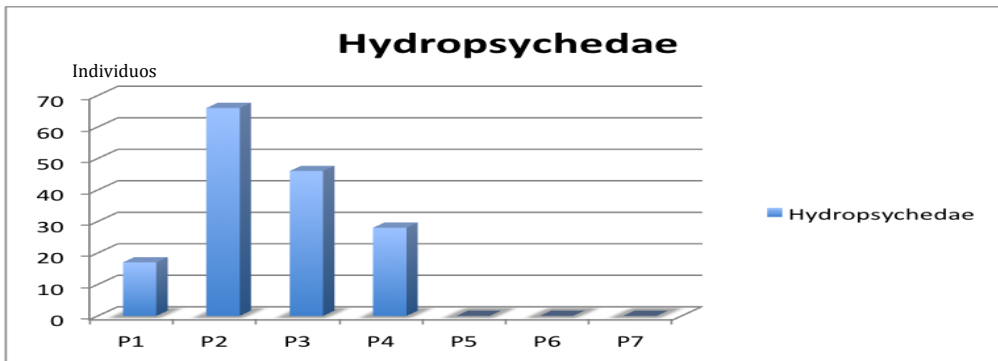


Figura 6. Abundancia en número de individuos de la familia Hydropsychedae en cada sitio.



10.2. Zona ribereña.

10.2.1. Cobertura vegetal.

Se muestra en la Cuadro 6 y el Mapa 2 los tipos de cobertura y su proporcionalidad en relacion con el área total de estudio. Estas coberturas se constituyeron principalmente por ecosistemas de bosque, agroecosistemas, tejido urbano y tierras erosionandas.

Cuadro 6. Tipos o clases de cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Molino.

| Tipo de cobertura | Área (ha) | % |
|--|------------------|------------|
| Aeropuerto | 10,17 | 0,16 |
| Arbustos y matorrales | 371,96 | 7,8 |
| Bosque de galería o ripario | 524,85 | 8,17 |
| Bosque natural denso | 26,44 | 0,41 |
| Bosque natural fragmentado | 946,69 | 14,74 |
| Bosque Plantado | 398,81 | 6,21 |
| Instalaciones recreativas | 1,98 | 0,03 |
| Mosaico de Cultivos, Pastos y espacios naturales | 518,86 | 8,08 |
| Mosaico de Pastos y cultivos | 208,45 | 3,25 |
| Pastos arbolados | 517,15 | 8,05 |
| Pastos enmalezados o enrastrajados | 11,59 | 0,18 |
| Pastos limpios | 1325,57 | 20,64 |
| Tejido urbano continuo | 1132,25 | 17,63 |
| Tejido urbano discontinuo | 108,52 | 1,69 |
| Tierras desnudas o degradadas | 241,21 | 3,76 |
| Zonas verdes urbanas | 77 | 1,2 |
| Total | 5289,25 | 100 |

Se mostró una evidente pérdida de cobertura a diferentes tipos de bosque, entre ellos el más afectado es el bosque natural, que presentó un valor reducido (0,41%), en contra parte encontramos los pastos con el porcentaje de cobertura más alto de 20,64%, el cual ha venido desplazando al bosque natural por introducción de ganadería extensiva, además de tejido urbano (17,63%) y zonas erosionadas (3,76%), los cuales presentaron un alto porcentaje.

10.2.2. Vegetación

Las plantas más representativas de las dos zonas escogidas por presentar bosque natural y zonas de conservación fueron: zona 1 (Cuadro 7), el Nacimiento del río en la laguna El Misterio que se ubica en las coordenadas: N 2°21'46.24" y W 76°30'46.50", y zona 2 (Cuadro 8), la Bocatoma del Acueducto y Alcantarillado de Popayán, ubicada en las coordenadas: N 2°26'21.48" y W 76°34'24.53".

Cuadro 7. Plantas más representativas zona 1.

| Familia | Nombre Científico |
|-----------------|-------------------------------|
| Acanthaceae | <i>Aphelandra acanthus</i> |
| Actinideae | <i>Saurauia sp</i> |
| Betulaceae | <i>Alnus Acuminata</i> |
| Cyperaceae | <i>Rhynchospora sp</i> |
| | <i>Bulbostylis capillaris</i> |
| Ericaceae | <i>Psammisia sp</i> |
| Fagaceae | <i>Quercus humboldtii</i> |
| Melastomataceae | <i>Tibouchina sp</i> |
| | <i>Miconia sp</i> |
| Meliaceae | <i>Guarea sp</i> |
| | <i>Guarea kunthiana</i> |
| Pentaphragaceae | <i>Freziera canescens</i> |
| Selaginelaseae | <i>Selaginella diffusa</i> |
| Solanaceae | <i>Solanum sp</i> |

Cuadro 8. Plantas más representativas zona 2.

| Familia | Nombre Científico |
|-----------------|--------------------------------|
| Anacardiaceae | <i>Toxicodendron striatum</i> |
| Araceae | <i>Anthurium pedatum</i> |
| Asteraceae | <i>Baccharis sp</i> |
| Clethraceae | <i>Clethra fagifolia</i> |
| Clusiaceae | <i>Clusia ellipticifolia</i> |
| Commelinaceae | <i>Commelina diffusa</i> |
| Cyatheaceae | <i>Cyathea sp</i> |
| Dryopteridaceae | <i>Elephoglossum sp</i> |
| Ericaceae | <i>Befaria aestuans</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea latifolia</i> |
| Fabaceae | <i>Bauhinia sp</i> |
| | <i>Inga sp</i> |
| | <i>Calliandra carbonaria</i> |
| Fagaceae | <i>Quercus humboldtii</i> |
| Gesneriaceae | <i>Columnea sp</i> |
| Lauraceae | <i>Nectandra sp</i> |
| Malvaceae | <i>Heliocarpus americanus</i> |
| Melastomataceae | <i>Meriania speciosa</i> |
| Moraceae | <i>Brosimum sp</i> |
| Myrtaceae | <i>Myrcia popayanensis</i> |
| Poaceae | <i>Lasiacis divaricata</i> |
| Polipodiaceae | <i>Serpocaulon triseriale</i> |
| Rubiaceae | <i>Palicourea angustifolia</i> |
| | <i>Cuatrecasasiodendron sp</i> |
| | <i>Posoqueria sp</i> |
| | <i>Palicourea thyrsoiflora</i> |

10.2.3. Calidad de la vegetación riparia

Para desarrollar esta metodología se eligieron 6 sitios, a saber: Q1 (Nacimiento), Q2 (Antes bocATOMA), Q3 (BocATOMA), Q4 (Después bocATOMA), Q5 (Ciudad), Q6 (Desembocadura), los valores de cada uno se presentan en el cuadro 9.

En el grado de cobertura vegetal de la zona de ribera, los valores se encuentran desde 25 en el Q2 hasta 0 en Q5. El porcentaje de cobertura está entre el 10% hasta más del 80%. La conectividad entre el bosque de ribera y la vegetación natural adyacente presenta desde menos del 25% en los sitios Q5 y Q6, hasta más del 50% en Q2.

En el componente estructura de la cobertura de acuerdo con la guía, los valores oscilaron entre 5 en Q6 y 25 en Q3. Se observó un recubrimiento de árboles de más del 75% en Q1 y Q2, hasta porcentajes menores al 50% en los sitios Q4, Q5 y Q6; la cubierta vegetal de estos sitios se ha visto afectada por la extracción de material e invasión de la ribera. La concentración de helófitos está entre 25% y 50%.

En relación a la calidad de la cubierta, primero se determinó el tipo geomorfológico de cada sitio, esto nos indica su potencialidad para soportar una zona con vegetación; los sitios Q2 y Q3 son de tipo 2, el sitio Q1 es de tipo 1 y los sitios Q4, Q5 y Q6 son de tipo 3. Los valores de calidad de cubierta están entre 0 y 25. En los sitios Q1 y Q2 se observó una continuidad en sentido longitudinal del bosque a lo largo del río; en el sitio Q5 no se observó sotobosque establecido. En los sitios Q1, Q3, Q4, Q5 y Q6 se observaron obras civiles. En todos los sitios se encontraron especies aloctonas, en su gran mayoría en el sitio Q5 y en donde menos se encontraron fue en Q1; desde el sitio Q4 hasta el Q6 se encontró vertimiento de desechos humanos.

En el apartado grado de naturalidad del canal fluvial se obtuvieron valores entre 0, en sitio Q5, por estar canalizado y 25 en Q2, presentando una buena conservación. En los sitios Q1 y Q2 no se presentó modificación del canal fluvial, en sitio Q3 se presenta la Bocatoma del Acueducto y Alcantarillado de Popayán, en los puntos Q4 y Q6 se presentaron presas artesanales para la extracción de arena y grava.

Los valores totales del QBR oscilaron entre 14 y 91, donde se encontró un bosque de ribera sin alteraciones, de muy buena calidad y en su estado natural. Los sitios Q5 y Q6 presentaron una mala calidad, por condiciones críticas, debido a la degradación. Los sitios Q3 y Q4 se califican en una calidad intermedia, que va desde una alteración importante, hasta la mala calidad o una alteración fuerte. Los sitios Q1 y Q2 presentaron una calidad buena pero con una vegetación ligeramente perturbada.

La cuenca presenta efectos antrópicos como son: asentamientos humanos, deforestación, pastoreo, construcciones civiles y agricultura, que provocan una fuerte degradación de los ecosistemas riparios, los cuales son los responsables de bajas puntuaciones en los sitios evaluados. El pastoreo es un efecto que se presenta desde el Nacimiento del río, perjudicando su estructura natural y llevando su calidad de buen a intermedia o mala, esto debido a la pérdida de vegetación ribereña, que se afectada por disminución de protección, sombreo y aportes de materia orgánica gruesa.

La existencia de áreas agropecuarias en todos los sitios de muestreo, disminuyen sustancialmente la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema natural adyacente. En los sitios donde se encontró represado el canal fluvial como son el Q3, Q4 y Q6, ocasionan fuertes efectos geomorfológicos, produciendo modificaciones en el cauce, provocando la sedimentación y la formación de bancos, obstaculizando la dispersión o migración de especies y esto a su vez reduciendo la biodiversidad y alterando los hábitats ribereños. Las actividades antrópicas influyen directamente a la introducción de especies vegetales aloctonas en el área, las cuales afectan la naturalidad del río, por remplazo de especies nativas a especies introducidas.

Cuadro 9. Calificación del índice QBR por sitios.

| Apartado QBR | Sitios | | | | | |
|--|--------|-------|------------|------|--------|--------|
| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 |
| Grado de cubierta de la zona de ribera | 15 | 25 | 15 | 5 | 0 | 10 |
| Estructura de la cubierta | 25 | 15 | 25 | 10 | 10 | 5 |
| Calidad de la cubierta | 25 | 20 | 15 | 10 | 0 | 0 |
| Grado de naturalidad del canal fluvial | 15 | 25 | 0 | 5 | 0 | 10 |
| Tipos de desnivel de la zona riparia | 12 | 6 | 6 | 4 | 4 | 2 |
| Calificación QBR | 91 | 91 | 61 | 34 | 14 | 27 |
| Calidad | Buena | Buena | Intermedia | Mala | Pésima | Pésima |

10.2.4. Uso del suelo.

El sitio P1 o Nacimiento, se encontró suelos de paisaje de lomerío en clima frío húmedo, (Asociación Typic hapludands – Andic Dystrudepts – Lithic Undorthents).

Geomorfológicamente está ubicado en el paisaje de lomerío, en el tipo de relieve de lomas y colinas, el relieve es ondulado a moderadamente escarpado, con pendientes del 75%, convexas, medias, largas y rectas. Estos suelos se han derivado de capas de cenizas volcánicas y diabasas, son bien drenados, sin profundidad, por presentar lecho de roca profundos a superficiales, texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas, pocas veces gravilosas, muy fuerte a moderadamente ácidos, la mayoría con alta saturación de aluminio, bajos contenidos de bases y fósforo, alta capacidad de retención de fosfatos y presenta de baja a alta fertilidad. En estos suelos se presenta erosión hídrica moderada a severa, causada por escorrentías, formando cárcavas y surcos (IGAC 2009).

El uso actual dominante es la ganadería extensiva, con pastos naturales introducidos y pequeñas áreas de cultivos de pan coger. Estas tierras presentan aptitud para la ganadería extensiva con prácticas de conservación, como el evitar la sobre carga y el sobre pastoreo.

La vegetación que se encontró corresponde principalmente a líquenes, musgos, helechos, pastos naturales, árboles y arbustos adaptados al clima frío húmedo.

Debido a las altas pendientes, presenta susceptibilidad a la erosión o presencia de ésta, esto impide el desarrollo agrícola, son suelos que generalmente pertenecen a áreas de conservación del recurso agua y la actividad turística de forma temporal.

Los sitios P2 o Puente Santa Bárbara, P3 o Antes Bocatoma, P4 o Después Bocatoma y P5 o Pueblillo, se encontraron en los suelos del paisaje de lomerío en clima templado húmedo (Asociación Typic Hapludoxs – Oxic Dystrudepts – Typic Fulvudands). Geomorfológicamente se ubicaron en lomas y colinas, en el paisaje de lomerío, el relieve es ligeramente ondulado a moderadamente escarpado con pendientes hasta del 75%, rectas, convexas y medias. Estos suelos se derivaron de capas de cenizas volcánicas

discontinuas, sobre rocas ígneas mixtas (andesitas, tobas y brechas), poseen buen drenaje, profundos de texturas, moderadamente gruesas, muy fuerte a liberadamente ácidos, alta saturación de aluminio, muy baja saturación de bases y baja fertilidad. Los suelos presentaron erosión hídrica con formaciones de cárcavas (IGAC, 2009).

El uso actual del suelo encontrado, fue la ganadería extensiva y agricultura con cultivos de café, yuca, plátano, frutales y lotes reforestados o con producción forestal. Estos suelos poseen una aptitud para la ganadería extensiva, en pastos introducidos, para algunos cultivos densos, sistemas agroforestales y plantaciones forestales.

La vegetación natural, en su mayoría, ha sido talada; sin embargo en algunos sectores por condiciones climáticas y geomorfológicas (pendientes fuertes), han permitido la conservación de relictos de bosque primario. La poca vegetación existente está representada por arrayanes, encenillos y robles.

El sitio P6 o DIAN y P7 o Desembocadura, pertenece al suelo de la “Asociación Typic Dystrudepts – Oxic Dystrudepts”. Esta unidad ocupa la posición de geomorfológica de lomas y colinas de la altiplanicie, además de filas y vigas, piedemonte y montaña; el relieve es un poco inclinado a moderadamente escarpado, con pendientes del 25% - 50%, rectas, medias, convexas y largas. El origen de estos suelos se derivaron de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas ígneas no diferenciadas, profundos, texturas moderadamente finas a finas, buen drenaje, muy fuerte a fuertemente ácidos, alta saturación de aluminio y fertilidad baja a moderada (IGAC, 2009).

La vegetación es poca, debido a que los suelos están incorporados a la actividad productiva, sin los manejos adecuados para preservar los recursos naturales como la vegetación y el recurso hídrico. El uso actual del suelo, esta principalmente dedicado a cultivos de pan coger (café, yuca, maíz, frijol y plátano) y pastizales donde predominan la grama, el kikuyo y el pasto braquiaria.

10.3. CALIDAD DEL PAISAJE.

El sector uno comprende el sitio de muestreo Nacimiento o P1, dominado por potreros, donde también se presentan cultivos de pan coger, principalmente, (Maíz, plátano, repollo, yuca y café) y se presenta en menor medida vegetación natural fragmentada, con predominancia de cercas vivas y parches medianos no conectados. Se observó vegetación protectora con varios estratos arbóreos, incluidos árboles de más de 15 metros de altura con abundancia de plantas epifitas. En el sotobosque se presentaron licofitos del genero *Selaginella*.

El sector dos incluyó los sitios puente Santa Bárbara o P2, antes Bocatoma o P3 y Bocatoma o P4, en los cuales hay dominancia de potreros, además de la presencia de cultivos de pan coger y cercas vivas de lecheros (*Euphorbia* sp), se observaron infraestructuras como vías de comunicación, presas, trinchos y extracción de material aluvial del cauce. Al igual que en el sector anterior se presentan parches medianos no conectados. Se empieza a notar la presencia de asentamientos humanos más densos y con mal manejo de residuos, tanto solidos como líquidos.

El sector tres, comprende los sitios Pueblillo o P5, DIAN o P6 y Desembocadura o P7, es el sector urbano donde predominan las construcciones civiles como carreteras, puentes, muros de contención, viviendas y colectores de aguas residuales; en la Desembocadura

se presentan potreros, con cercas vivas de *Euphorbia sp*, cultivos de pan coger y pequeños parches de bosque no conectados entre sí.

En el sitio P6 es importante destacar la presencia del puente del Humilladero y zonas aledañas de gran valor histórico y cultural que hacen que el sitio tenga un valor singular significativo en la evaluación del paisaje en este sector

En el cuadro 10 se reportan los resultados de la evaluación cualitativa del paisaje en los diferentes sitios estudiados en la subcuenca del río Molino.

Cuadro 10. Valoración cualitativa del paisaje en la cuenca del río Molino.

| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 |
|--|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Calidad del agua | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Canalización del cauce, presas, trinchos, etc. | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Residuos sólidos | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vegetación | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Fauna | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Singularidad del paisaje | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Vías de comunicación | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Huellas o elementos culturales | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| Total | 23 | 20 | 22 | 15 | 10 | 11 | 9 |
| Calidad del paisaje | Buena | Buena | Buena | Media | Mala | Mala | Mala |

Los resultados de la valoración cualitativa muestran una calidad buena para los sitios desde P1 a P3, hecho relacionado con el grado de intervención antrópica donde se presentan pocas obras civiles y observa pérdida de bosque natural a favor de la potrerización del ecosistema. En el sitio P4 encontramos una calidad media, debido a construcciones civiles (Presa del acueducto, canales, tanques desarenadores y trinchos) y extracción de material para construcciones (graba, arena y piedra). En este sitio se observan relictos de bosque nativo. En los sitios P6 y P7 encontramos mala calidad del paisaje por influencia directa de los asentamientos humanos (viviendas, vías y demás construcciones civiles), contaminación del agua y el grado de conservación de los recursos naturales.

11. EVALUACION AMBIENTAL

11.1. Zonificación Ambiental.

El lugar P1 o Nacimiento, en la vereda de Poblazón, a más de 2300 msnm, en el bmh-MB, la temperatura oscila entre 12 a 18°C, precipitaciones anuales de 2000 a 2500 mm, su fisionomía, principalmente consta de pequeños bosques, potreros y algunos cultivos. El cauce mostró aguas transparentes, frías y de buena corriente, el fondo presentó piedra y grava mediana; en la ribera se encontró poco bosque natural, pero sin alteraciones que afecten su estructura y funcionamiento.

Estas tierras presentan los siguientes limitantes: pendientes moderadamente escarpadas, susceptibilidad a la erosión (erosión ligera o moderada con predominio del fenómeno pata de vaca), poca profundidad efectiva, déficit de humedad, alta saturación de aluminio, fuerte acidez y baja fertilidad (IGAC, 2009).

El sitio P2 o puente vereda Santa Bárbara se ubicó en la zona vida: bmh-MB, su fisionomía y precipitación es similar al P1, con temperaturas promedio entre 18 y 20°C, éste sistema lotico presentó características de poco alterado y mayor presencia de vegetación ribereña, debido principalmente a su geomorfología.

Esta zona mostró los siguientes limitantes: pendientes moderada a fuertemente inclinadas, moderada profundidad efectiva, excepcionalmente superficial y fuerte acidez con déficit de fósforo y materia orgánica (IGAC, 2009).

Los sitios P3 o antes Bocatoma y P4 o Bocatoma, se hallaron en la zona de vida bmh-PM entre 1860 y 1790 msnm, con temperaturas de 20 a 24°C, a pesar de los tensores antrópicos, aun presenta vegetación nativa donde predominan los bosques de roble (*Quercus humboldtii*), aunque la parte alta de la ribera sigue dominada por potreros y cultivos.

Esta zona presentó características predominantes, para considerarla como forestal protectora, las cuales son: relieve escarpado, procesos erosivos de grado severo a moderado, alta susceptibilidad a la erosión, movimientos de masa, afloramientos rocosos, poca profundidad efectiva y alto contenido de aluminio, por esto, se debe considerar como zonas dedicadas a la conservación y establecimiento de sistemas forestales orientados a la protección de la biodiversidad, los recursos hídricos y suelos. Esta zona es muy importante para la comunidad y la ciudad en general por los servicios ambientales que presta.

Los sitios P5 o Pueblillo, P6 o DIAN y P7 o Desembocadura, igualmente con zona de vida bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), se presenta una transformación del paisaje natural a uno totalmente antrópico, donde predominan las urbanizaciones y demás construcciones civiles. En el sitio P5 se han establecido actividades artesanales de extracción de material aluvial y producción de ladrillo, los cuales han originado una fuerte erosión en la ribera y área de influencia, que han afectado la calidad del agua y la diversidad en este sector de la subcuenca. Los sitios P6 y P7 exhibieron un mal manejo de residuos sólidos y líquidos, introducidos al cauce por colectores colocados en todo el trayecto produciendo cambios en las características naturales del agua, transformando el río en un ecosistema totalmente perturbado en lo físico, químico y biológico.

11.2. Lista de chequeo

Ésta fue realizada a partir de la información colectada en campo, teniendo en cuenta todas las variables que afectan de cualquier forma la estructura natural y funcionamiento de la cuenca. Las variables antrópicas más importantes que se obtuvieron a partir de diferentes análisis de las actividades realizadas por el hombre fueron:

Uso del recurso hídrico: se presenta en los sitios Bocatoma y Pueblillo, en éstos se observó captación de agua para el acueducto y extracción de material del cauce como arena, grava y piedras. En dichos sitios, son importantes las construcciones civiles ya que del P4 se toma el agua para más del 20% de la población de la capital del Cauca y galpones, los cuales son fuente temporal de empleo para la comunidad de esta zona. Lo anterior produce gran impacto para la fauna béntica e ictiológica, la recreación, el caudal del río y estabilidad de los taludes ribereños.

Otro problema encontrado es el de las aguas residuales, las cuales son vertidas al cauce sin ningún tratamiento. Los colectores de aguas servidas según el Plan de Ordenación y Manejo de la subcuenca río Molino - Pubús (CRC, 2006) fueron: Descarga colector izquierdo río Molino, Descarga número 6 colector izquierdo, Descarga colector derecho río Molino, Descarga No. 8 colector Molino derecho, río Molino antes de la descarga Pueblillo, río Molino Puente edificio Edgar Negret, río Molino barrio Junín, Colector derecho vereda González, Colector La Paz Popayán, Colector izquierdo río Ejido, Descarga No. 2 colector Ejido-El Edén, Minuto de Dios vertimiento, Descarga No.1 Colector Ejido-Minuto de Dios, río Ejido Avelino, río Ejido barrio Junín, Desembocadura colector Pubús - quebrada Chaux, Descarga No. 7 Colector Pubús, Anillo vial sur, puente Cr. 37 Las palmas y Puente María Occidente, además de los vertimientos de las casas que se ubican en la ribera y de porquerizas construidas en la desembocadura, transfiriendo una gran carga orgánica y contaminación a la subcuenca.

Recreación y turismo: también se ha visto afectada, presentándose sólo en los sitios cerca al Nacimiento, Vereda Santa Bárbara y hasta antes de la Bocatoma; para los sitios desde Pueblillo hasta la desembocadura no existe ninguna clase de recreación, ya que el río se mueve con gran cantidad de residuos, tanto sólidos como líquidos y pérdida de ribera, la cual hace al río poco agradable para los visitantes.

Construcción de viviendas: ésta es otra de las principales problemáticas de la cuenca, ya que genera gran cantidad de impactos sobre el cauce y su ribera, por falta de oportunidades y de vivienda propia a los lugareños ven la posibilidad de instalarse y una oportunidad de manutención para sus familias, acarreando consigo problemas de pérdida de ribera y contaminación del sistema hídrico, puesto que todos los desperdicios orgánicos de las comunidades asentadas en este lugar son depositadas al cauce sin ningún tratamiento anterior.

Actividades económicas: la primera se ubica en la Bocatoma, la cual consiste en aprovechamiento directo del recurso hídrico por parte del Acueducto y Alcantarillado de la ciudad de Popayán, con presas dentro del cauce natural para extracción del agua; seguido por la actividad minera ubicada en los sitios Después Bocatoma y Pueblillo, en donde principalmente obtienen arena y grava, también existen galpones de producción de ladrillo, lo que genera un impacto visual negativo sobre las montañas aledañas a la ribera y el paisaje de la zona. En los sitios P6 y P7 existen oficinas, talleres a la orilla del río, estos generan residuos orgánicos, como aceites, grasas y combustibles que se depositan en el río, lo que afecta las reacciones naturales del río, produciendo malos olores que perjudican a los habitantes del sector, además, en sitio P7, existen porquerizas y también extracción de material.

Vertimientos sólidos y líquidos: desde los sitios P2 a P7 se presentó mal manejo de residuos sólidos en la ribera del río, como botaderos de residuos sólidos y escombros, regularmente cerca de los diferentes puentes presentes en la cuenca (ver lista de puentes cuadro 11) y en algunos lotes abandonados. Los asentamientos humanos encontrados en la ribera poseen estructuras para el vertimiento de aguas residuales directas al cauce.

Los residuos sólidos afectan de manera negativa el recurso hídrico en su morfología fluvial, perjudicando el caudal; este efecto se incrementa con los residuos que producen lixiviados y una serie de reacciones químicas de tipo orgánico (fósforo y nitrógeno) que compiten directamente por el oxígeno con las poblaciones de peces y otros organismos acuáticos, afectando los niveles de este gas y llevando el sistema a un nivel de anoxia o hipereutroficación, como lo encontramos en los sitio DIAN y en mayor medida en la Desembocadura, por este motivo se presenta un cambio en la composición de la comunidad de especies acuáticas, provocado por la migración de especies y el establecimiento de unas pocas llamadas especies vectores, razón por la cual se ve afectada la biodiversidad y a su vez la red trófica.

Analizando otras relaciones, observamos que los residuos sólidos y líquidos inciden en una alteración en la cobertura vegetal y fauna asociada a ésta. La fauna se ve afectada por la pérdida de hábitat y nicho, cambiando las relaciones inter e intraespecíficas, creando migración e inmigración de especies vectores como roedores, zancudos, moscos, etc, afectando la biodiversidad y la red trófica. Esto conduce al cambio del uso del suelo y como consecuencia, altera la salud de los habitantes ribereños por la actividad de los patógenos y genera pérdida de la calidad paisajística, provocando disminución de zonas de recreación y turismo.

En el cuadro 12, se presentan todas las variables recogidas en la caracterización ambiental y los principales tensesos identificados en la subcuenca río Molino. Lo anterior se complementó con información secundaria.

Cuadro 11. Lista de puentes presentes sobre el río Molino.

| Coordenadas | | Sitios |
|---------------|----------------|------------------------|
| 2°24'28,19" N | 76°32'46.92" W | Puente Santa Bárbara |
| 2°27'06,81" N | 76°35'05.79" W | Puente Pueblillo |
| 2°27'15,37" N | 76°35'19.10" W | Puente Gallera |
| 2°27'10,49" N | 76°35'23.68" W | Puente Calle 25 N |
| 2°26'56,18" N | 76°35'52.98" W | Puente Calle 15 N |
| 2°26'44,24" N | 76°36'09.48" W | Puente Calle 7 N |
| 2°26'42,67" N | 76°36'13.25" W | Puente Carrera 5 N |
| 2°26'40,50" N | 76°36'18.34" W | Puente Humilladero |
| 2°26'41,37" N | 76°36'24.37" W | Puente Carrera 8 |
| 2°26'42,38" N | 76°36'27.06" W | Puente Carrera 9 |
| 2°26'45,08" N | 76°36'33.31" W | Puente Carrera 11 |
| 2°26'46,33" N | 76°36'36.86" W | Puente Calle 1 N |
| 2°26'51,73" N | 76°36'47.62" W | Puente Transversal 9 N |

Cuadro 12. Lista de chequeo.

| Componentes, actividades y tensores. | Efecto ambiental |
|---|-------------------------|
| Morfología | X |
| Erosión | X |
| Calidad del aire | X |
| Precipitación | X |
| Temperatura del agua | X |
| Recreación | |
| Oxígeno disuelto | X |
| Gas Carbónico | X |
| Dureza Total | X |
| Conductividad | X |
| Cuenca visual | X |
| Calidad del paisaje | X |
| Cobertura vegetal | X |
| Fauna bentónica | X |
| Microorganismos acuáticos | X |
| Fauna terrestre | X |
| NO ₃ | |
| Uso del Suelo | X |
| Altitud (m.s.n.m.) | |
| Actividades agropecuarias | X |
| Actividad mineras | X |
| Empleo e ingresos | X |
| Participación institucional y comunitaria | X |
| Manejo de residuos | X |
| pH del agua | |

X = Efecto ambiental negativo o positivo.

11.3. Matriz de influencias dependencias.

Para el desarrollo de esta matriz, se escogieron a partir de los resultados de la lista chequeo (Cuadro 12), las variables más importantes que están generando impactos ambientales, detrimento y cambio en la naturaleza de los componentes del ecosistema.

Cuadro 13. Matriz de influencias – dependencias para la subcuenca del río Molino.

| Matriz de Influencias - Dependencias rio Molino | Influencias | Morfología | Erosión | Calidad del Aire | Precipitación | Temperatura del Agua | Oxígeno disuelto | Gas Carbónico | Dureza Total | Conductividad | Cuenca visual | Calidad del Paisaje | Cobertura Vegetal | Fauna Bentónica | Microorganismos Acuáticos | Fauna Terrestre | Uso del Suelo | Manejo de residuos | Actividad Agropecuaria | Actividad Minera | Empleo e Ingresos | Actividad Institucional y Comunitaria | Sumatoria de Dependencias | Grado de Dependencias |
|---|-------------|------------|---------|------------------|---------------|----------------------|------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Dependencias | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 6 | 0,7 | |
| Morfología | 1 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | 6 | 0,7 |
| Erosión | 2 | X | X | | X | | | | | | | | X | | | X | | | X | X | X | X | 9 | 0,5 |
| Calidad del aire | 3 | | X | X | X | | X | | | | | | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | 12 | 1,5 |
| Precipitación | 4 | | | X | X | | | | | | | | X | | | | | | | | X | | 2 | 0,1 |
| Temperatura del Agua | 5 | | X | | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | 14 | 2 |
| Oxígeno disuelto | 6 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | X | X | | X | X | X | X | X | X | 16 | 2,7 |
| Gas Carbónico | 7 | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | X | X | | | X | X | X | X | X | 14 | 1,8 |
| Dureza Total | 8 | | X | | X | X | X | X | X | X | | | X | | X | | X | X | X | X | X | X | 14 | 2 |
| Conductividad | 9 | | X | | X | X | X | X | X | X | | | | X | X | | X | X | X | X | X | X | 15 | 2,1 |
| Cuenca visual | 10 | X | X | X | | | | | | | X | X | | | | X | X | X | | | X | X | 10 | 2 |
| Calidad del Paisaje | 11 | X | X | X | X | | | | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X | 13 | 2,6 |
| Cobertura Vegetal | 12 | X | X | X | X | | | | | | | | X | | | | X | X | X | X | X | X | 10 | 0,7 |
| Fauna Bentónica | 13 | | X | | X | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 15 | 3 |
| Microorganismos Acuáticos | 14 | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 18 | 2,3 |
| Fauna Terrestre | 15 | | X | X | | | | | | | | | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | 9 | 0,9 |
| Uso del Suelo | 16 | X | X | | X | | | | | | | | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | 10 | 0,6 |
| Manejo de Residuos | 17 | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | 5 | 0,3 |
| Actividades Agropecuarias | 18 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X | 16 | 0,9 |
| Actividad Mineras | 19 | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | 3 | 0,2 |
| Empleo e Ingresos | 20 | X | X | | X | | | | | | | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X | 11 | 0,6 |
| Participación Institucional y Comunitaria | 21 | X | X | | | | | | | | | X | X | | X | | X | X | X | X | X | X | 10 | 0,6 |
| Sumatoria de Influencias | | 9 | 17 | 8 | 14 | 7 | 6 | 8 | 7 | 7 | 2 | 5 | 14 | 5 | 8 | 10 | 17 | 16 | 17 | 17 | 20 | 18 | | |

La matriz (Cuadro 13) mostró que las actividades antrópicas más influyentes o que generan mayor motricidad en los componentes de la cuenca son el empleo y los ingresos, los cuales influyen en 20 variables, seguida de la actividad institucional y comunitaria, con influencia en 18 variables y la actividad minera, actividad agropecuaria y uso de suelo, influyendo en 17 variables. El empleo e ingresos dentro de la cuenca representa, para los lugareños, una oportunidad de mejorar su calidad de vida, explotando todos los recursos disponibles dentro del cauce, ribera y zonas aledañas. La actividad institucional y comunitaria es pobre en organización, metodologías, soluciones e implementación de actividades de conservación y mantenimiento de la cuenca. La actividad agropecuaria, uso del suelo y minería se representan en la invasión de cauce y riberas, extracción de material, policultivos o monocultivos, formación de basureros y escombreras, así mismo, el manejo de residuos influyó en 16 variables, puesto que presenta fuertes impactos en la calidad del agua y en otros componentes del ecosistema.

En relación al componente abiótico, la erosión se mostró como el indicador con más número de influencias, 17 variables, produciendo cambios negativos en la calidad del agua y morfología del suelo y se relaciona con variables como uso de suelo y cobertura vegetal.

De las variables fisicoquímicas que determinan calidad del agua, las más influyentes fueron la conductividad y oxígeno disuelto.

En cuanto al componente biótico, la cobertura vegetal es la que mas influye, (14 variables), perjudicando directamente el proceso erosivo y el uso del suelo por cambios en la vegetación (cultivos), la ausencia de ésta acelera dichos procesos, deteriorando la calidad del paisaje. Todo lo anterior, se ha generado por el crecimiento de la población, la cual demanda espacio para vivienda, producción agropecuaria y explotación de zonas aledañas al cauce.

Acerca de las dependencias, la variable microorganismos acuáticos, es la de mayor susceptibilidad a los cambios presentes junto con variables fisicoquímicas como conductividad y oxígeno disuelto, las cuales presentaron 15 y 16 dependencias respectivamente, a su vez, éstas están influenciadas por las demás variables fisicoquímicas, erosión, uso del suelo y manejo de residuos.

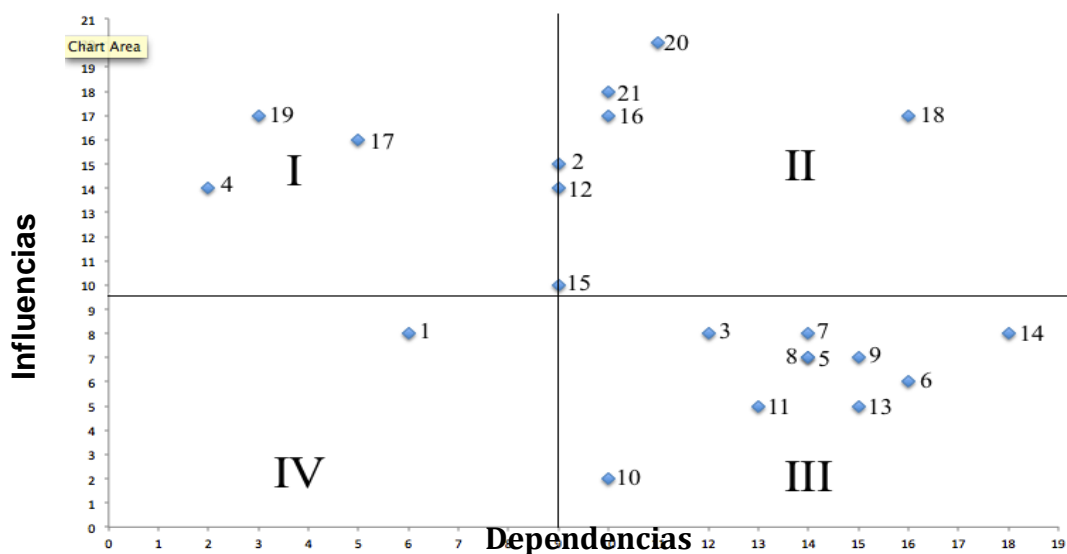
Para el componente antrópico, la variable con más dependencias fue actividad agropecuaria (16 variables), afectando directamente las coberturas vegetales nativas desde su Nacimiento hasta la Desembocadura.

Según la matriz de influencias dependencias, las variables más dependientes e influyentes en el ecosistema se pueden observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Lista de influencias-dependencias presentes en la subcuenca del río Molino.

| Influencias | Dependencias |
|--|-------------------------------------|
| Uso de suelos (17) | Actividad agropecuaria (16) |
| Manejo de residuos (16) | Fauna bentónica (15) |
| Actividad minera (17) | Microorganismos acuáticos (18) |
| Actividad agropecuaria (17) | Calidad del aire (13) |
| Empleo e ingresos (20) | Calidad Físicoquímica del agua (15) |
| Actividad institucional y comunitaria (18) | |

Figura 7. Distribución espacial de las dependencias e influencias.



Cuadro 15. Números de referencia para cada variable según la figura 7.

| | | | |
|----------------------|----|--|----|
| Morfología | 1 | Calidad del Paisaje | 11 |
| Erosión | 2 | Cobertura Vegetal | 12 |
| Calidad del aire | 3 | Fauna Bentónica | 13 |
| Precipitación | 4 | Microorganismos Acuáticos | 14 |
| Temperatura del Agua | 5 | Fauna Terrestre | 15 |
| Oxígeno disuelto | 6 | Uso del Suelo | 16 |
| Gas Carbónico | 7 | Manejo de Residuos | 17 |
| Dureza Total | 8 | Actividades Agropecuarias | 18 |
| Conductividad | 9 | Actividad Mineras | 19 |
| Cuenca visual | 10 | Empleo e Ingresos | 20 |
| | | Participación Institucional y Comunitaria. | 21 |

Los resultados obtenidos en la matriz y representados en el plano de coordenadas reportan los siguientes datos por cuadrante:

Cuadrante I: las variables encontradas en este lugar ejercen mucha influencia y poca dependencia, como son la actividad minera, manejo de residuos y precipitación, los cuales pueden ser resistentes a cambios, pero si se afectan, pueden influir en muchas variables, por esto se debe iniciar un buen manejo, monitoreo y recuperación de estas variables las cuales se consideran determinantes.

Cuadrante II: las variables de este cuadrante poseen mucha influencia sobre el ecosistema, aunque sufren mucha dependencia por las variables presentes en el cuadrante I y se consideran claves ya que se localizan en la zona de conflicto, las variables presentes en este cuadrante fueron: empleo e ingresos, participación institucional y comunitaria, actividad agropecuaria, uso de suelo y cobertura vegetal, éstas pueden incidir significativamente sobre otras dependiendo del número de influencias y dependencias haciendo más susceptible y vulnerable el ecosistema.

Cuadrante III: Las variables exhibidas son de difícil manejo por presentar poca influencia y muchas dependencias además se consideran variables de resultado, este es el caso de las características fisicoquímicas del agua, calidad del aire, microorganismos acuáticos, fauna bentónica, calidad del aire y cuenca visual. Estas variables están influenciadas por indicadores del cuadrante I y II, entre ellas, las más importantes en el momento de la evaluación y análisis ambiental son: el oxígeno, gas carbónico y fauna bentónica, las cuales se han visto negativamente afectadas, lo que demuestra que la subcuenca del río Molino está recibiendo un gran impacto sobre el ecosistema acuático.

Cuadrante IV: La morfología es la única variable presente en este cuadrante, ya que muestra poca influencia y poca dependencia, por esto es más resistente al cambio, no afecta ni se ve afectada se consideran variables autonomas.

De acuerdo con la información levantada en campo, lista de chequeo y matriz de influencias dependencias los principales problemas ambientales identificados en la subcuenca son:

Perdida de cobertura vegetal: se encuentra a lo largo de toda la cuenca y principalmente en su ribera, representada en actividades como agrícolas, pecuarias, forestales y explotaciones mineras (Ver fichas 005 y 006).

Contaminación del agua: es originado por los vertimientos líquidos, sólidos y escorrentías los cuales traen consigo las alteraciones de la calidad fisicoquímica y biológica (Ver fichas 002 y 007).

Erosión del suelo: originado por el cambio del uso del suelo relacionado con las actividades agrícolas, forestales y mineras tanto aluvial como de cantera de peña (Ver fichas 004, 005 y 006).

Invasión del cauce y ribera: se encuentra presente en la bocatoma, puentes, trinchos y otras construcciones civiles como viviendas, accesos y vías para el transporte de materiales todo esto se ve afectado en el sector urbano (Ver fichas 001 y 003).

Contaminación atmosférica: es producido por el humo de actividades como transporte, operación de maquinaria industrial, agrícola y de la construcción (Ver ficha 004).

Deficiencia en la educación ambiental: la población presenta una desvalorización de los recursos hídricos como integradores dinámicos del ambiente de donde se puede obtener

mejoras en la percepción de la diversidad biológica como en las producciones agropecuarias, mineras y de extracción de material aluvial los cuales al ser autosustentables puedan aportar al medio ambiente de la subcuenca de manera positiva contribuyendo en los programas y proyectos de recuperación, mitigación y compensación (Ver ficha 008).

Perdida de la calidad del paisaje: la deficiencia de esta variable radica en la percepción del paisaje como conformaciones de grandes extensiones de pastos y poca cobertura vegetal de los lugareños de la cuenca, esto acompañado de una producción pecuaria y monocultivos que modificando negativamente el paisaje en cantidad y diversidad de especies de árboles nativos los cuales son hábitat para otras especies de fauna que son representativas y que enriquecen la calidad del paisaje (Ver ficha 006).

La problemática de la subcuenca se agravan por la falta de gestión ambiental originada en la escasa participación comunitaria y apoyo institucional hacia el sector.

1.4. PLAN DE GESTION AMBIENTAL

A partir de la caracterización ambiental, información secundaria, unidades cartográficas, como mapa de zonificación (Mapa 2), uso de suelo, cobertura vegetal (Mapa 3), y el análisis de los resultados obtenidos en la matriz de influencias dependencias, se propone el plan de gestión ambiental según la metodología general para la presentación de estudios ambientales, 2010 (sin presencia de costos) con el fin aportar alternativas de solución y/o recomendaciones al detrimento de ecosistema por las actividades antrópicas presentes en la subcuenca.

Este plan de gestión ambiental se debe formular con la participación de la comunidad y tiene un fuerte contenido en educación ambiental, con el fin de obtener el enfoque ecosistémico en la zona (Pérez, 2007). En este sentido la política nacional para la gestión del recurso hídrico, 2010 sostiene que la participación ciudadana “Es la estrategia que orienta a incentivar el desarrollo de mecanismos y espacios de participación que motiven a los usuarios del agua a que hagan parte de la gestión integral del recurso hídrico y a que conformen grupos de veeduría y control ciudadanos sobre las inversiones y acciones desarrolladas por las instituciones públicas y privadas”.

Vegetación.

Se recomienda la revegetalización del sector del nacimiento del río Molino con las especies nativas, como el roble (*Quercus humboldtii*), el cajeto (*Delostoma integrifolia*), carbonero (*Calliandra sp*), arrayán (*Myrcia popayanensis*), y guayabo (*Psidium guajava*) entre otras, todas estas especies mejoran la retención hídrica y la calidad del paisaje.

Para las especies pertenecientes al bosque natural aledaño a la laguna El Misterio, Nacimiento río Molino, se debe construir viveros para la producción y propagación de algunas de estas especies como *Aphelandra acanthus*, *Guarea kunthiana* y *Alnus acuminata*, entre otras, para aumentar el área del bosque y a su vez toda la biodiversidad que otorga este nuevo hábitat (Cuadro 7).

En la zona de la Bocatoma y sectores aledaños se requiere mantener y conservar los bosques de roble (*Quercus humboldtii*) existentes en esta zona, los cuales presentan especies como *Palicourea thyriflora*, *Palicourea angustifolia* y *Clusia ellipticifolia*, entre otras, crear viveros para la generación de plántulas para ampliar la distribución de especies nativas de estos bosques.

Para mejorar las condiciones edáficas y proteger el suelo de la erosión por precipitación directa, las especies que se sugieren son: *Trichanthera gigantea*, *Myrcia popayanensis*, *Guadua angustifolia*, *Tecoma stans*, *Ficus andicola*, *Arachis pintoii*, *Brachiaria decumbens* *Brachiaria brizantha*, *Gynerium sagittatum*, *Axonopus sp* y *Paspalum sp*.

En el área urbana y desembocadura se debe implementar un sistema de parques bien interconectados, tratando de ocupar un espacio de ribera (>30m), con especies nativas y zonas de recuperación natural, además, se debe solicitar a las entidades oficiales protección total y continua al cuidado de invasiones, creación de basurales o botaderos y establecimiento de algún objeto ajeno al buen desarrollo del ecosistema, haciendo efectivo los comparendo ambientales expedidos por la ley.

Suelo.

Teniendo en cuenta las características de los suelos del nacimiento, se requiere sembrar en curvas de nivel, fajas o en contorno, realizar rotación de cultivos, adecuada utilización de fertilizantes y uso de abonos orgánicos, con una combinación del uso forestal (alimento, madera o forraje) y el pastoreo. Este suelo no requiere preparación, además, no se debe dejar sin cobertura para estos propósitos, se recomienda establecer alguno de los siguientes sistemas Silvopastoril: pastoreo o producción de forraje en plantaciones forestales, pastoreos o producción de forraje en bosques secundarios, árboles con pastizales o árboles o arbustos productores de forraje (IGAC, 2009).

En el área aledañas a la Bocatoma del acueducto y alcantarillado de Popayán se recomienda la rotación de cultivos, siembra en contorno o en fajas, uso de fertilizantes según la capacidad de fosfatos, aplicación de cal y adecuado manejo de pastos y ganado (sistemas silvopastoril), con el objetivo de evitar la erosión, el detrimento de las características físicas del ecosistema y el mejoramiento de la fertilidad, se debe incluir el aumento de materia orgánica, en su mayor medida y preferiblemente de abonos verdes. Debido al mal uso y manejo de las tierras, la vegetación natural ha sido desbastada, produciendo erosión y movimientos en masa, por lo tanto, esta zona debe ser revegetalizada con el establecimiento de bosques protectores con especies nativas, con el objetivo de conservar y proteger el recurso suelo y a su vez el recurso hídrico para recuperar el equilibrio ecológico. Estas tierras por su importancia hidrológica tienen que ser conservadas en su estado natural y permitir la recuperación natural y rehabilitación ecológica para garantizar el propósito de protección a los recursos naturales y conseguir el bienestar sociocultural y económico a corto, mediano y largo plazo, donde la intervención antrópica este proyectada principalmente a actividades de investigación, ecoturismo y protección de flora y fauna silvestre (IGAC, 2009).

En el sector urbano se necesita la restauración de lotes abandonados, porque son el origen de botaderos de escombros y basuras, lugares potenciales para el establecimiento de delincuencia común que afecta la seguridad del sector y vincular estos sectores a una red de parques en pro a una excelente calidad de ribera además hacer cumplir la franja legal de 30m de ribera, que producirá afectos en la biodiversidad y esto a su vez en recreación, deporte y ecoturismo.

Agua.

En el sector después de la Bocatoma, este recurso se explota de diferentes maneras, por este motivo posee degradación de la diversidad de la comunidad acuática y pérdidas en las buenas características fisicoquímicas pasando de un sistema oligotrófico en la Bocatoma a uno meso-eutrófico en Pueblillo, por este motivo se debe implementar colectores de aguas residuales, las cuales deben ser previamente tratadas antes de ser depositadas en el cauce del río o en tributarios.

La extracción de material se debe realizar de manera coordinada y sólo en ciertas épocas del año.

En la capital del departamento del Cauca presentando la peor condición en calidad de aguas, se debe implementar de manera urgente dos plantas de tratamiento, la primera en el vertimiento del hospital San José y la segunda en el Matadero municipal, ya que son

estos los principales focos visibles de contaminación hídrica, además, implementar plantas de tratamiento para recuperación de aguas por sectores, dependiendo de la cantidad de colectores y su caudal. Aprovechando la autodepuración del río podemos esperar una buena descontaminación y recuperación de la diversidad de la comunidad acuática que debe estar presente en este cuerpo de aguas y así favorecer al mejoramiento de la calidad de vida y seguridad social para los habitantes de la ribera.

Un requerimiento urgente en las tres zonas, es implementar corredores de interconexión de los parches de bosque de la ribera en la cuenca del río Molino, ya que estos están totalmente aislados perjudicando el flujo de materia y energía dentro de este ecosistema.

Todo lo anterior, se debe acordar y socializar con entes oficiales como son el Acueducto y Alcantarillado de Popayán y la C.R.C. encargados de la administración de este recurso.

De acuerdo con la evaluación ambiental, la problemática encontrada en la subcuenca está relacionada con: pérdida de cobertura vegetal, contaminación de las aguas, mal manejo de residuos sólidos, erosión de suelos y educación ambiental deficiente en la zona. Para cada uno de ellos se formularon programas de manejo los cuales están plasmados en las fichas relacionadas a continuación.

Manejo del cauce y la ribera afectados por explotación de material aluvial

Componente: Recurso hídrico



Foto: Trinchos en el cauce del río Molino para la explotación de material aluvial.

Descripción del problema: La extracción de material aluvial aunque es una actividad generadora de empleo e ingresos económicos para los ribereños y se realiza de forma artesanal produce impactos negativos en el cuerpo de agua, afectando la calidad fisicoquímica, la biota, la dinámica del ecosistema acuático y altera indirectamente la salud humana, la recreación y el paisaje.

Objetivos

Prevenir la pérdida de biota acuática, vegetación y fauna ribereña.

Corregir y/o ajustar los procedimientos de explotación de la materia prima (arena y graba) de tal manera que se disminuya el impactos sobre la calidad del agua y la ribera.

| Efectos adversos | Actividades y procedimientos. |
|--|---|
| | Estabilización del recurso: medidas mecánicas |
| <p>Pérdida de biota acuática.</p> <p>Modificación geomorfológica del cauce.</p> <p>Incremento de sedimentación.</p> <p>Cambio en las características fisicoquímica del agua.</p> <p>Estrangulación del cauce y aumento de la velocidad del agua y erosión del perfil batimétrico.</p> <p>Modificación geomorfológica del cauce como vía alterna del río para transportar el material.</p> <p>Alteración del caudal por barreras.</p> <p>Pérdida en la calidad de la ribera.</p> <p>Alteración de la red trófica.</p> | <p>Prevención, promoción, capacitación ambiental y gestión local del riesgo.</p> <p>Uso de carpas en las volquetas para el cubrimiento del material y protección de los habitantes.</p> <p>Definir puntos estratégicos para la extracción del material aluvial.</p> <p>Monitoreo constante del agua y de la ribera para evaluar las condiciones ambientales.</p> <p>No permitir el ingreso de vehículos y maquinaria pesada al interior del cauce.</p> <p>Realizar talleres de educación ambiental para un adecuado manejo en la extracción y transporte de material.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Cambio en la composición de la comunidad béntica y microbiológica.</p> <p>Pérdida de lugares de recreación sana y turismo.</p> <p>Construcción de accesos inadecuados para el transporte del material extraído.</p> | |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | Realizar una evaluación mensual de las variables afectadas y de los procedimientos de extracción de materiales. |
| | Cronograma de actividades |
| | Actividad permanente. |
| <p>Responsable directo: CRC, Acueducto Municipal, Junta de Acción Comunal y Comunidad.</p> | |

Manejo de vertimientos líquidos
Componente: Recurso hídrico



Foto: Vertimientos de aguas residuales en el río Molino, sector Pueblillo.

Descripción del problema: La ausencia de una adecuada disposición de los residuos (acueducto y alcantarillado) ocasiona el vertimiento de aguas servidas, alterando la calidad fisicoquímica de este componente.

| | |
|------------------------------|---|
| Objetivos | <p>Prevenir los malos manejos de residuos líquidos por los ribereños.</p> <p>Mejorar la calidad del agua vertida al río utilizando plantas de tratamiento.</p> <p>Realizar capacitación ambiental tendiente a concientizar a la población sobre el manejo de los residuos líquidos.</p> |
| Efectos adversos | Actividades y procedimiento |
| Pérdida de calidad del agua. | <p>La comunidad debe promover ante el municipio la instalación y operación de plantas de tratamiento (PTAR) en zonas específicas con características adecuadas.</p> |

| | |
|---|---|
| <p>Pérdida de biota acuática y terrestres.</p> <p>Alteración de la salud de los habitantes de la zona.</p> <p>Incremento de sedimentación.</p> <p>Incremento de material de arrastre.</p> <p>Cambio en las características fisicoquímica del agua como turbidez, oxígeno disuelto, CO₂, etc.</p> <p>Afectación en la calidad paisajística.</p> <p>Pérdida de calidad de ribera.</p> <p>Alteración de la red trófica.</p> <p>Cambio en la composición de la comunidad béntica y microbiológica.</p> <p>Pérdida de lugares de recreación sana y turismo.</p> | <p>Creación de pozos sépticos para el manejo de residuos.</p> <p>Capacitación ambiental a través de talleres orientados al buen manejo de los recursos hídricos y a evitar riesgos en la salud de los habitantes ribereños.</p> |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | <p>Monitoreo de la calidad del agua de los vertimientos y de puntos adyacentes al río mínimo dos veces por año.</p> |
| | Cronograma de actividades |
| | <p>El cronograma se concertara con la comunidad, entidades municipales y los interesados en esta problemática.</p> |
| <p>Responsable directo: Municipio de Popayán (Acueducto municipal) y CRC.</p> | |

Gestión del espacio ribereño

Componente: Recurso hídrico



Foto: Invasión de la ribera del río Molino en el barrio Pueblillo.

Descripción del problema: Ocupación de la franja protectora de la ribera, donde legalmente se deben conservar hasta 30 m. La actividad invasora causa erosión, genera zonas vulnerables y factores de riesgo para los mismos pobladores.

Objetivos

Prevenir el aumento de la invasión de las riberas.

Corregir la ordenación de tierras para producción y vivienda.

Mitigar la pérdida en la calidad de ribera.

| Efectos adversos | Actividades y procedimiento |
|---|--|
| <p>Pérdida y solapamiento de nichos.</p> <p>Pérdida de cobertura arbórea nativa por la introducción de cultivos de pancoger y construcción de viviendas en las riberas del río.</p> <p>Erosión debido a la destrucción de bosque protector.</p> <p>Tala y quema de bosque nativo, produce la pérdida de la materia orgánica del suelo y pérdida de fauna asociada a la cobertura vegetal.</p> <p>Interrupción de procesos sucesionales.</p> <p>Alteración de la diversidad vegetal.</p> <p>Alteración de la diversidad de especies.</p> <p>Degradación del paisaje.</p> <p>Afectación cuenca visual.</p> <p>Pérdida de hábitat.</p> | <p>Reubicación de las familias en lugares retirados de la ribera del río.</p> <p>Crear ambientes similares a los destruidos para recuperar la cobertura vegetal y la fauna asociada.</p> |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | Visitas trimestrales a las zonas ribereñas. |
| | Cronograma de actividades |
| | Actividad de control permanente. |
| Responsable directo: Municipio de Popayán. | |

Manejo de hornos para producción de ladrillo
Componente: Edáfico y Atmosférico



Foto: Hornos para producción de ladrillos.

Descripción del problema: La explotación del material para sub-base y extracción de arcillas para elaboración de ladrillos y sus derivados, al no tener buen manejo potencializa procesos de erosión y riesgos de accidentalidad de la población y los trabajadores.

Objetivos

Corregir el manejo de la producción de ladrillo teniendo en cuenta la sustentabilidad y los derechos del trabajador.

Compensar los productores con capacitación para mejorar su producción con énfasis en la sustentabilidad de los recursos naturales.

Mitigar la contaminación de las aguas producidas por residuos del proceso.

| Efectos adversos | Actividades y procedimientos |
|---|--|
| <p>Riesgo a derrumbes.</p> <p>Perdida de la calidad del suelo.</p> <p>Transporte inadecuado del material extraído.</p> <p>Cambios en la geomorfología y destrucción del horizonte.</p> <p>Emisiones atmosféricas por quemas para la producción de ladrillo.</p> | <p>Educación ambiental.</p> <p>Asistencia especializada para mejorar técnicas y desempeño ambiental.</p> <p>Prevención de desastres.</p> <p>Uso de carpas en las volquetas para la protección de los habitantes.</p> <p>Revegetalización de zonas afectadas.</p> <p style="text-align: center;">Seguimiento y monitoreo</p> <p>Visitas trimestrales a los agentes comprometidos.</p> <p style="text-align: center;">Cronograma de actividades</p> <p>Actividad permanente.</p> |
| <p>Responsable directo: CRC y Municipio de Popayán.</p> | |

Manejo de canteras.

Componente: Suelo



Foto: Canteras para la extracción de arcillas.

Descripción del problema: La explotación de las canteras de peña para la extracción de materiales genera cambios negativos en la vegetación, geomorfología y paisaje. Además las escorrentías arrastran materiales al río originando turbidez, pérdida de oxígeno en las aguas y consecuentemente la pérdida de la biota.

Objetivos

Prevenir un deslizamiento o movimiento de tierra.

Compensar el ecosistema en otros lugares de no extracción.

Mitigar la contaminación por mal manejo de residuos.

Mitigar la erosión por utilización de maquinaria pesada.

| Efectos adversos | Actividades y procedimientos |
|---|--|
| <p>Contaminación del río por vertimiento de sus desechos sólidos y líquidos.</p> <p>Contaminación visual.</p> <p>Riesgo de desplome de las terrazas para la explotación de materia prima.</p> | <p>Promoción y prevención: salud ocupacional y desarrollo comunitario.</p> <p>Prevención de desastres: capacitaciones en eventualidades catastróficas.</p> <p>Revegetalización con plantas ornamentales para mejorar el paisaje.</p> |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | <p>Visitas trimestrales de los agentes responsables.</p> |
| | Cronograma de actividades |
| | <p>Actividad permanente.</p> |
| <p>Responsable directo: CRC, Municipio de Popayán.</p> | |

Revegetación de las zonas degradadas

Componente: Vegetación



Foto: Paisaje hacia el nacimiento del río Molino.

Descripción del problema: Grandes extensiones dedicadas a la producción ganadera, proporcionando erosión de los suelos, pérdida de bosque protector e incrementando los riesgos de deslizamiento al volverlos mas susceptibles ya que son permeables y no aptos para esta clase de actividad.

Objetivos

Prevenir el aumento de la perdida de especies vegetales y faunísticas.

Prevenir el aumento en la erosión del suelo.

Corregir el uso del suelo.

Compensar zonas con la revegetalización de especies nativas.

Sensibilizar a los habitantes por medio de capacitaciones con énfasis en la producción silvopastoril.

| Efectos adversos | Actividades y procedimientos |
|---|---|
| <p>Riesgo a derrumbes.</p> <p>Perdida de la calidad del suelo.</p> <p>Erosión pata de vaca.</p> <p>Cambios en la geomorfología y destrucción del horizonte.</p> <p>Interrupción de procesos sucesionales.</p> <p>Alteración de la diversidad vegetal.</p> <p>Alteración de la diversidad de especies.</p> <p>Degradación del paisaje</p> <p>Cuenca visual.</p> <p>Pérdida de hábitat.</p> | <p>Implementación de ganadería silvopastoril.</p> <p>Revegetación con especies arbóreas nativas que proporcionen buena sombra.</p> <p>Prevención de desastres.</p> <p>Revegetación de zonas vulnerables.</p> <p>Educación ambiental enfocada hacia el cambio en la forma de aprovechar el suelo y los recursos naturales.</p> |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | Seguimiento trimestral de las variables afectadas. |
| | Cronograma de actividades |
| | Se debe realizar de forma permanente. |
| <p>Responsable directo: CRC, Municipio de Popayán y Acueducto municipal.</p> | |

Manejo de residuos sólidos

Componente: Recurso hídrico y edáfico.



Foto: Vertimiento de residuos solidos en el río Molino.

Descripción del problema: La ausencia de una adecuado manejo de los residuos solidos en la ribera ocasiona vertimiento en el río, alterando la calidad fisicoquímica del agua y afecto la calidad visual.

Objetivos

Prevenir los malos manejos de residuos solidos por los ribereños.

Mejorar la calidad del agua evitando que se produzcan lixiviados con un buen manejo de los residuos solidos.

Impulsar proyectos para el procesamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos, por ejemplo, elaboración de compostajes.

Realizar capacitación ambiental tendiente a concientizar a la población sobre el manejo de los residuos sólidos.

| Efectos adversos | Actividades y procedimiento |
|--|---|
| <p>Pérdida de calidad del agua.</p> <p>Pérdida de biota acuática y terrestres.</p> <p>Alteración de la salud de los habitantes de la zona.</p> <p>Incremento de sedimentación.</p> <p>Incremento de material de arrastre.</p> <p>Cambio en las características fisicoquímica del agua como turbidez, oxígeno disuelto, CO₂, etc.</p> <p>Afectación en la calidad paisajística.</p> <p>Pérdida de calidad de ribera.</p> <p>Alteración de la red trófica.</p> <p>Cambio en la composición de la comunidad béntica y microbiológica.</p> <p>Pérdida de lugares de recreación sana y turismo.</p> <p>Producción de lixiviados.</p> | <p>La comunidad debe promover ante el municipio la instalación y operación de plantas recolectoras, procesadoras de residuos sólidos en zonas específicas con características adecuadas.</p> <p>Capacitación ambiental a través de talleres orientados al buen manejo de los recursos hídricos y a evitar riesgos en la salud de los habitantes ribereños.</p> <p>Programas de manejo de residuos sólidos talleres de reciclaje y manejo de materia orgánica como bio-abono.</p> <p>Prevención, promoción, capacitación ambiental y gestión local del riesgo: talleres de reconocimiento general y técnico del recurso y planes de acción en eventos amenazantes.</p> |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | <p>Monitoreo de la calidad del agua en sitios estratégico del río mínimo 2 veces por año.</p> |
| | Cronograma de actividades |
| | <p>El cronograma se concertara con la comunidad, entidades municipales y los interesados en esta problemática.</p> |
| Responsable directo: Municipio de Popayán y CRC. | |

Educación ambiental.

Componente: Ambiental general



Foto: Escombrera ubicada en la ribera del río Molino sector La Desembocadura

Descripción del problema: la gran cantidad de habitantes presentes en esta subcuenca arrojan residuos solidos al cauce y la ribera afectando su calidad ambiental y generando tensesores que ocasionan diversos problemas al ecosistema.

Objetivos

Prevenir el aumento de la pérdida de especies vegetales y faunísticas.

Prevenir el aumento en la erosión del suelo.

Corregir el uso del suelo.

Compensar zonas con la revegetalización de especies nativas.

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Objetivos</p> | <p>Mejorar la calidad de vida de los habitantes ribereños.</p> <p>Promover la conservación de la cuenca por medio de diferentes medios de comunicación como socializaciones, plegables, pasacalles, carteles, radio, televisión local, celulares (mensajes de texto) e internet en paginas virtuales como Facebook, twitter y correos electrónicos.</p> <p>Realizar talleres con los lugareños para manejar las temáticas apropiadas para cada zona de la cuenca.</p> <p>Mejorar las producciones agropecuarias de la zona por medio de procesos autosustentables.</p> <p>Sensibilizar a los habitantes por medio de capacitaciones con énfasis en la producción silvopastoril.</p> |
| <p style="text-align: center;">Efectos adversos</p> | <p style="text-align: center;">Actividades y procedimientos</p> |
| <p>Riesgo a derrumbes.</p> <p>Perdida de la calidad del suelo.</p> <p>Erosión pata de vaca.</p> <p>Cambios en la geomorfología y destrucción del horizonte.</p> <p>Interrupción de procesos sucesionales.</p> <p>Alteración de la diversidad vegetal.</p> <p>Alteración de la diversidad de especies.</p> <p>Degradación del paisaje.</p> | <p>Implementación de cursos o talleres para la producción silvopastoril.</p> <p>Cursos con énfasis en el reconocimiento y producción en viveros de especies arbóreas nativas.</p> <p>Talleres de prevención de desastres y reconocimiento de zonas de vulnerabilidad.</p> <p>Revegetalización de zonas vulnerables.</p> <p>Educación ambiental enfocada hacia el cambio en la forma de ver la buena calidad del paisaje.</p> |

| | |
|---|--|
| Cuenca visual. Perdida de hábitat. | |
| | Seguimiento y monitoreo |
| | Evaluaciones trimestrales del proceso educativo. |
| | Cronograma de actividades |
| | Actividad permanente. |
| Responsable directo: CRC, Acueducto municipal y el Municipio de Popayán. | |

12. CONCLUSIONES.

- La calidad del agua del río Molino presenta un deterioro progresivo, siendo buena la calidad del agua en la parte alta y aguas muy contaminadas en la desembocadura en el río Cauca. Los cuales generan aspectos negativos en la salud ambiental de la cuenca y disminución de la calidad de vida de los ribereños.
- En general la subcuenca del río Molino se encuentra intervenida y transformada desde el Nacimiento, donde el uso del suelo para pastoreo predomina en la subcuenca.
- La calidad del paisaje está fuertemente afectada por diferentes actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y las obras civiles.
- La evaluación ambiental muestra que en cada uno de los componentes abiótico, biótico y antrópico la influencia de cómo el ecosistema está siendo afectado por diferentes variables antrópicas, como son: uso de suelos, mal manejo de residuos y actividad agropecuaria y minera entre otros disminuyendo la calidad ambiental y empeorando al cruzar el perímetro urbano.
- El principal foco de contaminación es el vertimiento de residuos líquidos provenientes de colectores que mezclan aguas lluvias con aguas residuales y los desagües o colectores del hospital San José y Matadero Municipal.
- La invasión de ribera se presentó a lo largo del cauce del río Molino, en su mayor medida en los barrios Pueblillo, Cadillal, San Francisco y La María.
- La calidad fisicoquímica presenta un alto grado de detrimento desde el sitio Pueblillo, debido a que no existe colector ni tratamiento alguno para las aguas domésticas residuales de este sector, seguido por el sitio DIAN y Desembocadura los cuales mostraron una pésima calidad de aguas producido por colectores de residuales en todo el perímetro urbano y los principales focos de contaminación (hospital San José y Matadero Municipal).
- Los macroinvertebrados indican buena diversidad, buena calidad del agua en la parte alta, pero desde Pueblillo se observa un detrimento de la calidad y diversidad hasta la Desembocadura, esto producido principalmente por vertimientos orgánicos y extracción de material aluvial.
- La calidad de ribera mostró una buena calificación para el Nacimiento hasta antes de la Bocatoma, seguido por una calificación intermedia para los sitios Bocatoma y Pueblillo por presentar construcciones civiles y remoción del fondo produciendo islas dentro del cauce, además existe una afectación directa a la orilla por vehículos de carga pesada y múltiples cultivos de pan coger, más que todo en Pueblillo y La María.
- La geología de estos suelos nos muestra que son húmedos, blandos y muy inestables los cuales los convierten en una área de alto riesgo y esto empeora con riberas descubiertas, además de existir casas dentro de los 30m de la zona protección de ribera, lo cual empeora la situación.
- La construcción de vivienda dentro la ribera ocasiona desorden en el manejo de los residuos sólidos produciendo deterioro ambiental, estético, antrópico y paisajístico, todo esto finalmente deteriorando al ecosistema de la subcuenca.

- Los vertimientos e invasión de la ribera son los factores que más agravan la situación dentro del perímetro urbano, por ser tan abundantes, generan una mala calidad del ambiente de la subcuenca del río Molino.
- Un efecto social económico encontrado en la subcuenca es la extracción de material el cual constituye una fuente de empleo para los ribereños y sus familias, pero influye negativamente a la calidad físicoquímica y biológica de este ecosistema acuático.

13. BIBLIOGRAFÍA

ANDUJAR, E. y HENAO, M. 2008. Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Sucio (región Patía) y su relación con el cambio de las coberturas vegetales. Trabajo de grado Biólogo. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias, Exactas y de la Educación. Popayán.

ACOSTA, R; RÍOS BLANCA; RIERDEWALL, M & PRAT, N. 2009. Propuesta de un protocolo de la evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación en dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1): 35-64.

ARIAS, A Y CALVACHE, M. 2002. Caracterización ambiental del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán 1999-2000. Trabajo de grado Biólogo. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias, Exactas y de la Educación. Popayán. 120 p.

ANDRADE P. 2007. Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. CEM - UICN. Bogotá, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC. 2006. Plan de Ordenación y Manejo de la Subcuenca Molino – Pubús. Convenio No. 1130-12-04. Fundación Pro Cuenca Río Las Piedras. Popayán. Colombia: CRC. 517p.

COLWELL. R. K. 2000. “Estimates”. *Statistical Stimulation of Species Richness and Shared Species from Simples*.

CUATRECASAS, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia *Rev. Acad. Col. Cs. Ex. Fis. Nat.*

DOPSON. A, 1997. *Pensamiento político verde*. Barcelona, España: Ediciones Pasidós Iberica, 271 p.

ELDREDGE, N. 2002. *Live on earth An Encyclopedia of Biodiversity, Ecology, and Evolution*. Santa Bárbara, California. 810p.

ESPINAL, S. 1977. Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia, Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Bogotá, D.E: IGAC, 13(11): 238p.

FIGUEROA, R.1999. Macro invertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua, Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias, mención en Zoología. 97 p.

GARCÍA, M. 1997. *Los paisajes. Naturaleza de La Rioja*. España: Instituto Pirenaico de Ecología. 6p.

GONZÁLEZ, L. J. 2011. Análisis Hidroclimatológico de la sub-cuenca del río Molino. Popayán: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

ESPINOZA, G. 2001. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago de Chile: Centro de Estudios para el Desarrollo de Chile (CED).

HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-ILCA. 216p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Subdirección de Agrología. 2009. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Cauca. Bogotá: IGAC.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 1977. Subdirección de Agrología. Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia. Bogotá D.E: IGAC.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2007. Guía de Manejo Ambiental de Proyecto de Infraestructura, Subsector vial. Bogotá D.C: INVÍAS, 232p.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 2011. Guía de Manejo Ambiental de Proyecto de Infraestructura, Subsector vial. 2 ed. Bogotá D.C: INVÍAS, 165p.

LUDWIG, J., REYNOLDS, J. 1998. Statistical Ecology. Canadá.

MATTEUCCI, S. y COLMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología, monografía N° 22. Washington, D. C: OEA. 168p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto numero 1729 de 2002. Cuencas hidrográficas. Capítulo 3, artículos 9, 12, 13 y 16. Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2010. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá D. C. Minambiente. 72p.

MOUTHON, A. BLANCO, A. ACEVEDO, G. MILLER, J. 2002. Manual de estudios ambientales. Ministerio del Medio Ambiente Subdirección de Licencias Ambientales, Convenio Andrés Bello Área de Ciencia y Tecnología. Bogotá. Colombia.

NAUNDORF, G., PAZ J. NAVARRETE, P. 1991. Estudio limnológico del río Las Piedras y evaluación de ambiental de la subcuenca. Popayán: Universidad del Cauca, departamento de biología. 45p.

ORDOÑEZ, M. C. 2008. Estudio espacio temporal del proceso de fragmentación sobre las coberturas boscosas en la cuenca del río Palacé. Trabajo de grado Biólogo. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias, Exactas y de la Educación. Popayán. 107 p.

QUINTERO, Q. PÉREZ, R. 2000. Zonificación agrícola como herramienta básica para el ordenamiento ambiental de un territorio. Universidad Autónoma de Colombia. Ciencias Ambientales. Colombia. 11p.

ROLDAN G., RESTREPO, RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2a edición. Medellín: Universidad de Antioquia.

ROLDAN PÉREZ, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Cienc. Colombia. p 375-387.

RODRÍGUEZ E. TÉLLEZ P. DOMÍNGUEZ C. MARÍN POMPA QUIROZ J. PEREZA M.

2012. Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del QBR. Facultad de Ciencias agroforestales, universidad Juárez del estado Durango. México D.C.

SALAZAR, M., VIDAL M., SÁNCHEZ M., TERCEDOR J., ÁLVAREZ M., AVILÉS J., BONADA N., CASAS J., JÁIMEZ P., MUNNÉ A., PARDO I., PRAT N., RIERADEVALL M., SALINAS M., TORO M. Y VIVAS, S. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del suelo. Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia. Asociación Española de Limnología, Madrid. España. *Limnética* 21(3-4): 135-148.

SUÁREZ L, ROSARIO M, SANCHEZ M, TERCEDOR J, ALVAREZ M, AVILES J, BONADA N, CASAS J, CUÉLLAR P, MUNNÉ A, PARDO I, PRAT N, RIERADEVALL M, SALINAS J, TORO M, VIVAS S. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. Departamento de ecología. Universidad de Murcia. Madrid. España. 14 p.

UNIDAD DOCENTE DE PLANIFICACIÓN Y PROYECTOS. DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y PLANIFICACIÓN RURAL. E.T.S.I MONTES. UPM. 2005. Valoración de la calidad visual del paisaje. Turismo, medio ambiente y política territorial.

VANNOTE. R, MINSHALL. G, CUMMINS. K, SEDELL. J, 1980 The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Volume 37, Ottawa p. 130–137.

VÁSQUEZ. Z, G. 2002. Evaluación de la calidad de las aguas naturales. Significado y alcance en la determinación de parámetros físico-químicos y biológicos fundamentales. Guía de laboratorio. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca. 50p.

VILLAREAL. H, ÁLVAREZ. M, CÓRDOBA. S, ESCOBAR. F, FAGUA. G, GAST. F, MENDOZA. H, OSPINA. M, UMAÑA M. 2004. Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (GEMA). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 236p.

ZAMORA, H; G. NAUNDORF Y L. ZAMBRANO. 1981. Niveles de contaminación río Molino con base en sus características físico-químicas y biológicas. Popayán: Universidad del Cauca, Departamento de Biología. 50p.

ZAMORA, H., G. NAUNDORF. 1990. Efecto excluyente de la contaminación doméstica sobre los macro invertebrados acuáticos del río Molino (Popayán) durante una década. Popayán: Universidad del Cauca, Departamento de Biología. 48p.

ZAMORA, H. 1998. Niveles de alteración de las comunidades de macro- invertebrados acuáticos del río Molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. Popayán: Unicauca Ciencia 3 septiembre. 20p.

ZAPATA P., DIANA M., LONDOÑO B CARLOS A. GONZÁLEZ H. CLAUDIA V. IDÁRRAGA A. POVEDA G. 2010. Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 72 p.

14. ANEXOS

1. Ficha de valoración del Paisaje.
2. Mapa 1. Cuenca del río Molino con puntos de muestreo.
3. Mapa 2. Zonificación de la subcuenca del río Molino.
4. Mapa 3. Coberturas Vegetales de la subcuenca del río Molino.

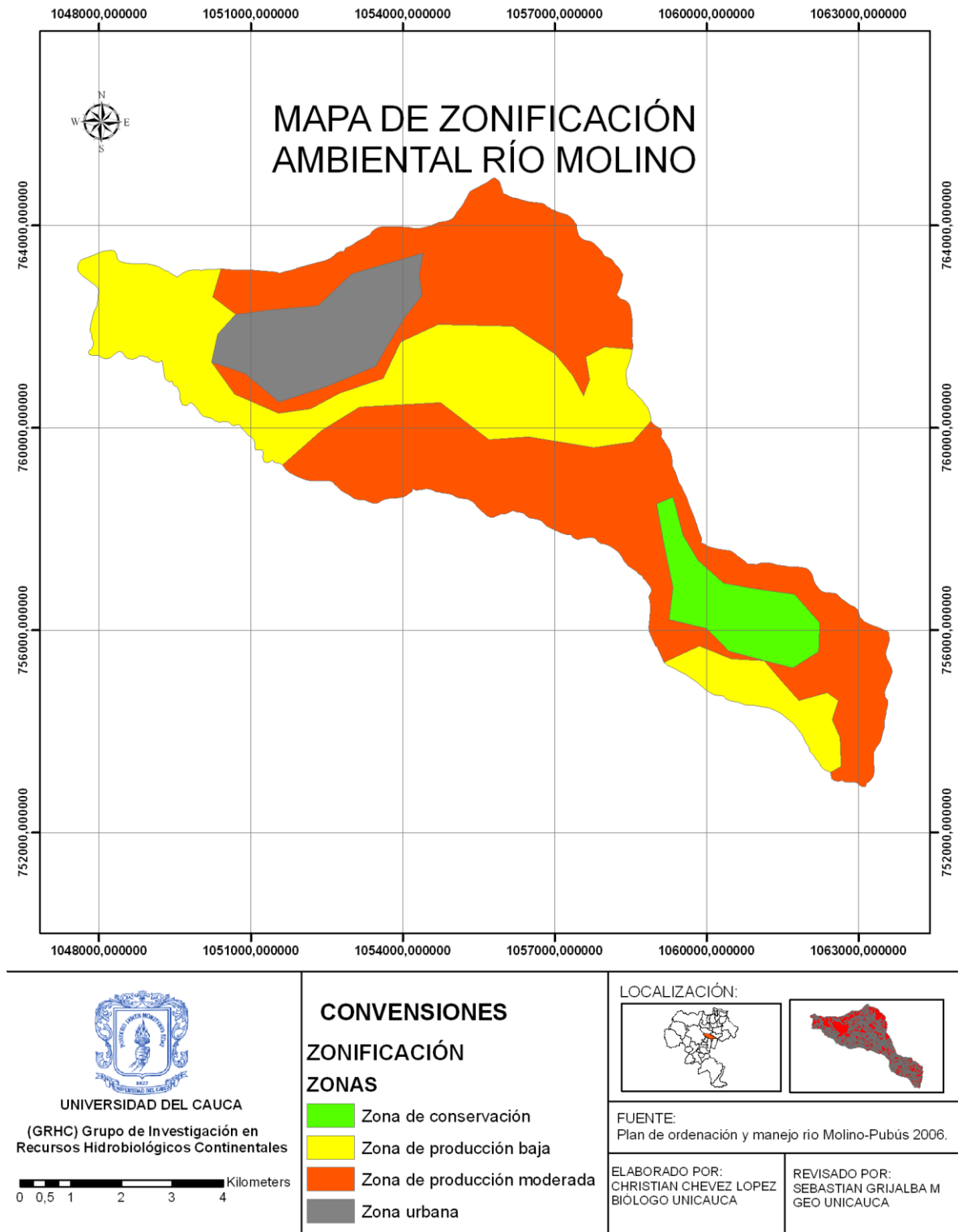
Anexo 1.

Ficha de valoración del paisaje relacionado con una cuenca hidrográfica*.

| | | | |
|--|--|---|---|
| CALIDAD DEL AGUA | Agua no contaminada.... 3 | Agua medianamente contaminada.... 2 | Agua totalmente contaminada... 1 |
| CANALIZACIÓN DEL CAUCE | Cauce natural no intervenido..... 3 | Algún tramo del río se encuentra canalizado..... 2 | El río está totalmente canalizado..... 1 |
| RESIDUOS (BASURAS) | No se observa ningún tipo de residuos..... 3 | Hay residuos pero no son abundantes y/o dominantes..... 2 | Se encuentra abundancia de residuos..... 1 |
| VEGETACIÓN | Presencia de bosque protector de la ribera..... 3 | Presencia de bosques pequeños en la ribera..... 2 | Ausencia de vegetación protectora de la ribera..... 1 |
| FAUNA | Gran diversidad de especies poco comunes..... 3 | Solo aparecen las especies..más comunes..... 2 | Escasa presencia de animales, baja diversidad..... 1 |
| SINGULARIDAD DEL PAISAJE | Variedad de elementos singulares enriquecedores del paisaje: cascadas, remansos, cerros, cañones, 3 | Aparecen solo algunos de esos elementos..... 2 | No se observan elementos destacables..... 1 |
| VÍAS DE COMUNICACIÓN | Ausencia..de Vías.. de Comunicación... 3 | Presencia de vías, pero de poco impacto..... 2 | Presencia de vías poco integradas al paisaje y de gran impacto..... 1 |
| ELEMENTOS O HUELLAS CULTURALES (ARTEFACTOS) | Ausencia..... 3 | Presencia de algunos elementos artificiales e integrados al paisaje..... 2 | Abundancia de elementos artificiales (redes eléctricas, presas, fábricas)..... 1 |
| CALIDAD DEL PAISAJE | BUENA: 24 - 20 | MEDIA: 13 - 19 | MALA: 8 - 12 |

Fuente: Tomado de Martínez-Villar (2010) y adaptado por Zambrano-Polanco (2011).

Mapa 2. Zonificación de la de la subcuenca de la río Molino.



Mapa 3. Coberturas vegetales de las subcuenca del río Molino.

