

**ACCIONES PARA LA GESTIÓN LOCAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LA  
MICROCUENCA LOS ÁNGELES DE ALCALÁ, VALLE DEL CAUCA**

**LILIANA VANESSA CELIS GIL**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PEREIRA**

**2009**

**ACCIONES PARA LA GESTIÓN LOCAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LA  
MICROCUENCA LOS ÁNGELES DE ALCALÁ, VALLE DEL CAUCA**

**LILIANA VANESSA CELIS GIL**

**Trabajo de grado presentada como  
requisito para optar al título de  
Administrador Ambiental**

**Director**

**Alexander Feijoo Martínez Ph.D.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PEREIRA**

**2009**

## RESUMEN

En el municipio de Alcalá, Valle del Cauca, se evaluó la calidad biológica del agua con macroinvertebrados acuáticos, para dos temporadas de muestreo (sequía y lluvias) en cinco estaciones de la microcuenca Los Ángeles.

La calidad del agua fue estudiada utilizando el índice BMWP adaptado para Colombia; además se registraron las áreas de protección y se realizó Análisis de Componentes Principales (ACP) para buscar relaciones entre macroinvertebrados acuáticos y características del entorno de las estaciones de muestreo. También a partir del diálogo con los pobladores locales se analizaron las motivaciones, percepciones y se concertaron algunas propuestas de acciones para la gestión de la microcuenca.

En las cinco estaciones muestreadas se obtuvieron valores del índice equivalentes a buena calidad biológica; sin embargo en la temporada de lluvias se observaron cambios, debido a la disminución de los macroinvertebrados en los sitios donde la protección inmediata fue distinta de relicto de selva (Estaciones La Polonia y La Floresta).

También se encontró que las estaciones protegidas por relicto de selva en el lugar de muestreo, presentaron mejores condiciones ecológicas en las dos temporadas por la dominancia de organismos sensibles; mientras en las estaciones con otros sistemas de protección, predominaron los macroinvertebrados de familias algo tolerantes a la contaminación.

La bioindicación con macroinvertebrados acuáticos y la aplicación de metodologías participativas, permitió el reconocimiento del saber local asociado con la biodiversidad del agua, la historia de los procesos de transformación del paisaje, y la problemática del recurso hídrico; facilitando la formulación de acciones para el mejoramiento del sistema territorial.

**Palabras clave:** Calidad biológica del agua, índice BMWP/Col., macroinvertebrados acuáticos, áreas de protección, gestión local.

## ABSTRACT

In Alcalá, Valle del Cauca, biological quality of water was evaluated with aquatic macroinvertebrates for two sampling seasons (drought and rain) at five stations of Los Ángeles watershed.

Water quality was studied using BMWP index adapted for Colombia, besides protection areas were registered and Principal Component Analysis (PCA) was made to find relationships among aquatic macroinvertebrates and environmental characteristics of sampling stations. Also with local residents dialogue, motivations and perceptions were analyzed and some proposals of actions were agreed for watershed management.

The five stations showed index values equivalent to good biological quality, however in the rainy season some changes were observed, due to macroinvertebrates reduction in sampling sites where immediate protection was distinct from forest relict (The Stations La Floresta and La Polonia).

Also it was found that stations protected by forest relict at the sampling site, showed improved ecological conditions in the two seasons, due to sensitive organism dominance, while at the stations with other protection systems, pollution tolerant macroinvertebrate families were predominant.

Aquatic macroinvertebrates bioindication and participatory methodologies application allowed the recognition of local knowledge associated with water biodiversity, landscape transformation history and the problem of hydric resources, facilitating the formulation of actions for territorial system improvement.

Keywords: Biological Water Quality Index BMWP / Col., Aquatic macroinvertebrates, protected areas, local management.

## **CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</b>	<b>12</b>
2.1 La bioindicación en la gestión territorial y manejo de recursos	12
2.2 Calidad del recurso hídrico y áreas de protección	13
2.3 Acciones para la gestión colectiva del recurso hídrico	14
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>17</b>
3.1. Área de estudio	17
3.2. Bioindicación preliminar de la calidad del recurso hídrico en la microcuenca los ángeles	19
3.3. Relación de la calidad biológica del agua con las zonas de protección y los usos del terreno aledaños a la microcuenca los ángeles	19
3.4. Acciones para la gestión local del recurso hídrico	20
3.5. Análisis de la información	23
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>24</b>
4.1. Bioindicación preliminar de la calidad del recurso hídrico	24
4.1.1. Nivel de tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos	24
4.1.2. Índice Biológico	30

<b>4.2. Relación de la calidad biológica del agua con las zonas de protección y usos del terreno aledaños</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Acciones que permiten integrar el reconocimiento de la calidad del agua a partir de la bioindicación y los usos del suelo para la gestión recurso hídrico</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1. Importancia de la quebrada Los Ángeles para Agricultores, Pescadores, niños e instituciones según su significado</b>	<b>38</b>
<b>4.3.2. Cronología de la quebrada Los Ángeles - relato de los cambios en la microcuenca Los Ángeles.</b>	<b>39</b>
<b>4.3.3. Acciones para la gestión local del recurso hídrico en la microcuenca</b>	<b>40</b>
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Bioindicación preliminar y relación con usos del terreno</b>	<b>44</b>
<b>5.2. Gestión colectiva del recurso hídrico</b>	<b>47</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>55</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estaciones de muestreo y parámetros ambientales.	<b>18</b>
<b>Tabla 2.</b> Nombres comunes para macroinvertebrados acuáticos que reconocen los actores locales.	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitación Promedio de los años 2004-2006, estación Arturo Gómez, Alcalá Valle del Cauca (Federación Nacional de Cafeteros 2006, 2007, 2008).	<b>17</b>
<b>Figura 2.</b> Microcuenca los Ángeles en el municipio de Alcalá Valle del Cauca y Filandia Quindío.	<b>18</b>
<b>Figura 3.</b> Momentos metodológicos para la contextualización, el intercambio y las acciones en la microcuenca Los Ángeles.	<b>20</b>
<b>Figura 4.</b> Esquema para representar la gestión local del recurso hídrico con los actores de la microcuenca Los Ángeles.	<b>22</b>
<b>Figura 5.</b> Número de individuos en las cinco estaciones, relacionadas con el número de familias encontradas en las dos temporadas muestreadas.	<b>24</b>
<b>Figura 6.</b> Número de individuos de las familias en la estación Pavas.	<b>25</b>
<b>Figura 7.</b> Número de individuos por familia en la estación El Congal.	<b>26</b>
<b>Figura 8.</b> Número de individuos por familia en la estación La Caña.	<b>27</b>
<b>Figura 9.</b> Número de individuos de las familias en la estación La Polonia.	<b>28</b>
<b>Figura 10.</b> Número de individuos de las familias en la estación La Floresta.	<b>29</b>
<b>Figura 11.</b> Clases de calidad del agua en las cinco estaciones de muestreo según el índice BMWP/ col.	<b>30</b>
<b>Figura 12.</b> Mapa y perfil idealizado de la zona de protección de la estación Pavas.	<b>31</b>
<b>Figura 13.</b> Mapa y perfil idealizado de la zona de protección de la estación El Congal.	<b>32</b>
<b>Figura 14.</b> Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Caña.	<b>33</b>
<b>Figura 15.</b> Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Polonia.	<b>34</b>
<b>Figura 16.</b> Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Floresta.	<b>35</b>

<b>Figura 17.</b> Círculo de correlaciones y proyección de las estaciones de muestreo en el plano con los componentes uno y dos extraídos en el ACP de variables de bioindicación y áreas de protección del recurso hídrico.	<b>37</b>
<b>Figura 18.</b> Significados, motivaciones y conflictos de los actores locales en torno a la microcuenca Los Ángeles.	<b>39</b>
<b>Figura 19.</b> Principales cambios en la cronología de la quebrada Los Ángeles.	<b>40</b>
<b>Figura 20.</b> Cauce de problemas de la microcuenca los Ángeles	<b>42</b>
<b>Figura 21.</b> Acciones para la gestión del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles.	<b>43</b>
<b>Figura 22.</b> Tendencias encontradas en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y sus relaciones con el entorno (áreas de protección y cultivos predominantes en las zonas).	<b>46</b>

## INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico además de los habitantes, la cultura y economía, se considera eje estructurante de políticas, estrategias, programas, proyectos y acciones para gestionar y guiar la planificación del territorio de manera integral (Rueda, 1997). Las relaciones del recurso hídrico con usos del terreno y las sustancias que lo están desequilibrando pueden reconocerse a partir del estudio de la biodiversidad de los macroinvertebrados del agua (Roldan 1992), por lo tanto su estudio puede convertirse en una herramienta para dicha gestión.

La zona correspondiente a la cuenca del río La Vieja en parte del eje cafetero colombiano sufrió durante el último siglo un proceso de transformación de los ecosistemas naturales por sistemas de cultivos de café que se intensificaron en la década del 80 y comienzos de los 90 del siglo pasado. Los cultivos se extendieron hasta la orilla de los riachuelos o quebradas de la zona, destruyendo la vegetación ribereña, sin embargo debido a la crisis de los precios internacionales del café entre 1992 y 1996 más de 14.000 ha de café se convirtieron en potreros (Chará *et al* 2007).

Las transformaciones a nivel local han generado impactos negativos importantes sobre el ambiente de la zona, como pérdida de biodiversidad por deforestación (Murgueitio y Calle, 1999), (Murgueitio, 2002), deterioro de suelos (Feijoo *et al* 2002 citado en Arias, Hincapié, 2006) y de los recursos hídricos (Chará *et a.*, 2004). Sin embargo, en algunas áreas del municipio de Alcalá, Valle del Cauca, existen sistemas productivos que aún conservan algunas áreas sin intervención, estos pueden convertirse en una alternativa para mejorar los ingresos, debido a los pagos por servicios ambientales que están surgiendo como potencial para el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente (Hincapié y Arias, 2006).

La importancia de este trabajo se centra en el acercamiento de la comunidad y las instituciones del municipio de Alcalá-Valle del Cauca, al reconocimiento de una realidad que integre varios sistemas del territorio, con el fin de construir acciones ejecutables en el mediano y largo plazo, que ayuden a orientar las actividades del municipio en torno al agua en la microcuenca Los Ángeles; concibiendo las relaciones con otros sistemas. Ya que se determinó como supuesto que el paisaje cambia por efecto antrópico con el transcurrir del tiempo y la historia del paisaje es conocida por los informantes locales permitiendo documentarla en el diálogo con ellos (Sheil *et al.*, 2003). De igual forma, la trascendencia que tiene el recurso hídrico para actividades relacionadas con la economía, construcción de asentamientos y la cultura; también implica la generación de impactos en el recurso, debido a los insumos usados en los sistemas productivos, industriales, domésticos y actividades culturales, como pueden ocurrir en microcuenca Los Ángeles, fuente abastecedora de agua para consumo humano de la cabecera municipal, que antes de ser tomada en la bocatoma de la vereda La Polonia, ha pasado por distintos entornos productivos. De aquí la importancia de reconocer las relaciones que tiene el recurso hídrico y la calidad del agua a partir de un indicador de resultados retrospectivo, y los usos del suelo en el territorio, entendido como plataforma que contiene el conjunto interrelacionado de recursos naturales, socio culturales, construidos y económico productivos, se realizan distintas actividades que desarrollan un país y deben ser administradas, donde la participación de los distintos actores del territorio no siga siendo teoría institucional.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Articular la bioindicación de la calidad del agua como una herramienta de análisis a la gestión territorial en la microcuenca los Ángeles del municipio de Alcalá Valle del Cauca.

### **Objetivos específicos**

Evaluar la calidad biológica del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles en un área de la cuenca del río La Vieja a partir de la clasificación de los macroinvertebrados del agua.

Relacionar la calidad biológica del recurso hídrico con los usos del suelo de algunas áreas de la Microcuenca Los Ángeles

Formular acciones de gestión del recurso hídrico para algunas áreas de la microcuenca Los Ángeles

### **Hipótesis**

Las comunidades de macroinvertebrados difieren de acuerdo con los cambios en los usos del terreno y el tipo de cobertura aledaña, además son organismos de importancia para la gestión local al ser reconocidos por las comunidades rurales como posibles indicadores de las condiciones ecológicas de sus fuentes hídricas.

## 2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### 2.1 La bioindicación en la gestión territorial y manejo de recursos

Los indicadores biológicos del agua están ganando acogida porque brindan respuestas integradoras, combinando el resultado de la acción de los contaminantes y otras fuentes generadoras de estrés, revelando los efectos de intervenciones, mientras que los indicadores físico-químicos solo brindan información válida cuando son medidas a lo largo del tiempo (García, 2004).

La calidad del agua, determinada por el conjunto de características organolépticas, físico-químicas, bacteriológicas y biológicas, define el uso humano del líquido. Las exigencias de cada actividad humana son específicas y los problemas surgen cuando el usuario afecta la calidad del agua en forma tal, que disminuye el valor para otros usos (García, 2004). En los últimos años el enfoque de calidad de las aguas se ha ampliado para integrar los organismos que la habitan con la calidad fisicoquímica y el medio terrestre que lo rodea (Roldán, 2003).

Los métodos biológicos que determinan la calidad mediante la respuesta diferencial según el tipo de contaminante con bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macro-invertebrados y peces, se han usado en Europa desde principios del siglo xx, sin embargo solo en la década de los 50 se tuvo mayor consideración en las respuestas de plantas y animales como evidencia directa de la contaminación. Algunos índices incluyen la presencia o ausencia de taxa de macroinvertebrados, el número o proporción del total de cada taxón o alguna otra medida de abundancia, estos cambios u otros en morfología, fisiología o desarrollo de estos organismos pueden indicar que las condiciones físicas o químicas están fuera de los límites naturales. Muchos de los métodos numéricos basados en la asignación de puntajes a la biota acuática, como el “Índice Biótico Extendido”, se desarrollaron a partir del “Sistema Saprobioótico Continental” desarrollado en 1908 por Kolkwitz y Marson. En Norteamérica el más utilizado es el Índice Biótico de Familias desarrollado en 1988 por Hilsenhoff (Figueroa, 1998).

En Colombia Roldán (2003) adoptó el BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), índice de fácil aplicación ya que asigna a cada familia un puntaje de acuerdo con las características como bioindicadora. Además en 1998 Roldán, a partir de los estudios que realizó en el departamento de Antioquia, había construido guías taxonómicas para el reconocimiento de la fauna bentónica local. Zúñiga *et al* (1990) y Figueroa *et al* (2002) adaptaron el BMWP a las condiciones locales de Colombia y Chile respectivamente. García (2003) lo aplicó en Honduras en la cuenca del Río Tascalapa reflejando los cambios de la calidad del agua debido al influjo de diversos grados del uso de los terrenos.

Chará *et al* (2007) indagaron acerca de la relación entre calidad del recurso hídrico y los sistemas ganaderos en algunas partes de la cuenca del río la Vieja, mediante la bioindicación con macroinvertebrados diferenciados por contaminantes generados por la erosión, la deforestación para el establecimiento de pasturas y el aporte de nutrientes en las excretas. También desarrollaron un manual para la evaluación de los cuerpos de agua en las zonas con sistemas ganaderos.

Los macroinvertebrados se consideran buenos bioindicadores de la calidad del agua por la abundancia, amplia distribución, facilidad de recolección; la mayoría son sedentarios y por tanto reflejan las condiciones locales; relativamente fáciles de identificar, presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo, proporcionan información para integrar efectos acumulativos, los ciclos de vida son largos, son apreciables a simple vista y se pueden cultivar en laboratorio (Roldan, 2003; Tercedor, 1996; Chará, 2004; Rueda, 1997; Auquilla, 2005).

## **2.2 Calidad del recurso hídrico y áreas de protección**

A pesar de reconocer la importancia de fundamentar las estrategias de conservación de la diversidad biológica en una perspectiva de integración como la ecología del paisaje, todavía persiste un rezago conceptual y metodológico en muchos procesos de planificación territorial respecto a tales estrategias (Vélez, 2001).

La ley 388/97 estableció los alcances y componentes fundamentales para la planificación de los territorios a través de los POT (Planes de Ordenamiento territorial), en los cuales la dimensión ambiental se reduce al diagnóstico fragmentador del sistema biofísico orientado por la concepción tradicional de la conservación y reducido a cifras que ignoran el papel de las comunidades en el manejo de los recursos o las variaciones a nivel local.

De aquí que herramientas de análisis mas integradoras que permitan dirigir la mirada a los patrones y procesos fundadores del paisaje, pueden mejorar el diagnóstico de la realidad territorial para la evaluación y en general para el proceso administrativo. Entendiendo las conexiones territoriales del agua superficial se reflejan directamente con las cadenas ecológicas a diferentes escalas (Vélez 2001).

A medida que se intensifica la producción agrícola aumenta la presión sobre los recursos naturales como el suelo, el aire y el agua; los usos de los terrenos tienen impactos tanto en la disponibilidad como calidad de los recursos hídricos; no sólo en los usuarios del agua que los causan sino también en la población que vive cuenca abajo. Además, los impactos del uso agrícola de la tierra podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de otros impactos de origen humano, como es el caso del impacto de la escorrentía agrícola comparada con los sistemas de saneamiento rurales sobre la degradación de las aguas superficiales y subterráneas (Kiersch, 2000).

Los impactos incluyen cambios en la carga de sedimentos y en las concentraciones de sales, metales y productos agroquímicos, los agentes patógenos y cambio del régimen térmico (Perry y Vanderklein, 1996). Las descargas domésticas, industriales, urbanas, el uso del suelo agrícola donde se emplean gran variedad de insumos químicos, y los cambios hidrológicos tal como sedimentación y drenaje de humedales causa influencia significativa en la calidad del agua. Este tipo de contaminación antrópica generalmente se caracteriza por emisiones de fuentes difusas y puntuales. Como el nombre lo indica, los contaminantes difusos se originan de fuentes dispersas que llegan al agua a partir de diferentes puntos de la cuenca; las fincas son generalmente citadas como fuentes de este tipo de contaminación porque los compuestos usados en agricultura (fertilizantes, plaguicidas) pueden ser aplicados en diferentes parcelas en una cuenca, y llegar al agua a través del flujo directo, la escorrentía y percolación. Por el contrario las fuentes puntuales son concentradas e identificadas fácilmente como (vertimientos domésticos e industriales a través de cañerías) por tanto son más fáciles de controlar y monitorear. Es importante resaltar que la composición natural de la superficie y composición del agua pueden causar también una influencia significativa en la calidad del agua. En estudios de actividades ganaderas se ha demostrado efectos sobre cuerpos de agua en varios países por el aporte de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo a través de las excretas, que contribuyen al deterioro de los ambientes acuáticos en zonas ganaderas (Chará 2007).

El estudio de Auquilla (2005), encontró en la sub-cuenca del río Jabonal, Costa Rica, que el deterioro de las quebradas tenía relación con el manejo extensivo de ganadería, vertidos de viviendas y el uso inadecuado de agroquímicos, y que la diversidad de los macroinvertebrados aumentó en las zonas donde la quebrada estaba protegida por bosques riparios. De esta manera, los estudios que buscan evidenciar las relaciones de un sistema integrado por múltiples agentes, en el que se involucran los recursos comunes, pueden llegar a convertirse en una herramienta para la toma de decisiones ambientales, y la gestión del territorio al nivel local.

### **2.3 Acciones para la gestión colectiva del recurso hídrico**

Para algunos autores la gestión tiene relación con el desarrollo sostenible del territorio, entendido como el que permite a los seres humanos permanecer en el tiempo y el espacio a partir de las potencialidades, el patrimonio biofísico y cultural; otros la consideran un conjunto de acciones encaminadas al aprovechamiento y conservación de los recursos disponibles para el desarrollo del ser humano. Y disposiciones más amplias y complementarias la consideran un proceso para prevenir y resolver problemas de carácter ambiental en relación con la sociedad, por lo que emprende acciones tendientes a generar y rescatar conocimientos, monitorear las incidencias de las políticas públicas sobre la población y sistematizar las experiencias para la construcción de un desarrollo alternativo (RDS, 2001).

Por lo anterior La gestión ambiental en sentido amplio comprende el conjunto de actuaciones y disposiciones necesarias para lograr el mantenimiento del "capital ambiental" suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural sean convenientes en los objetivos que se buscan en el sistema productivo, que logran el desarrollo de relaciones económicas y sociales (Ortega y Rodríguez, 1994). Por otro lado las características de estos recursos se pueden explicar mejor, si se consideran el ambiente y la historia juntos de esta forma, se puede predecir y entender cuales formaciones en el paisaje o recursos son escasos, vulnerables o requieren regulaciones específicas para ser manejados (Sheil *et al* 2003)

Para realizar el manejo de los recursos naturales en Colombia, es necesario que los pobladores locales participen activamente del proceso, lo que no solo permite integrar el conocimiento académico, sino establecer las aplicaciones del saber tradicional, desde la realidad local dentro de un contexto nacional regional y global (Ulloa, 1996).

Para determinar el valor de los recursos naturales se debe partir de las visiones de las comunidades locales y destacando el concepto de importancia de uso, que permite encontrar los determinantes de preocupaciones más amplias de tipo social y moral, ya que el término de valor tiene asociaciones económicas y generalmente se expresan en unidades monetarias. El valor de uso se relaciona con las actividades cotidianas, que se representan como categorías productivas en la reproducibilidad del sistema; fundamentales para reflejar las percepciones locales, como una declaración de preferencias relativas que no puede expresarse eficazmente como precio (Sheil *et al.*, 2003).

Las estrategias participativas permiten documentar los acontecimientos cotidianos del uso del agua, como el lavado de la ropa, de herramientas, de instalación de animales, la preparación de los alimentos y el aseo; por tanto las indagaciones se deben desarrollar con metodologías como grupos focales, entrevistas semiestructuradas, que permiten tener el contacto directo con los lugareños y favorece la comprensión de las realidades locales, haciendo visible la dinámica del agua y la vida en la quebrada.

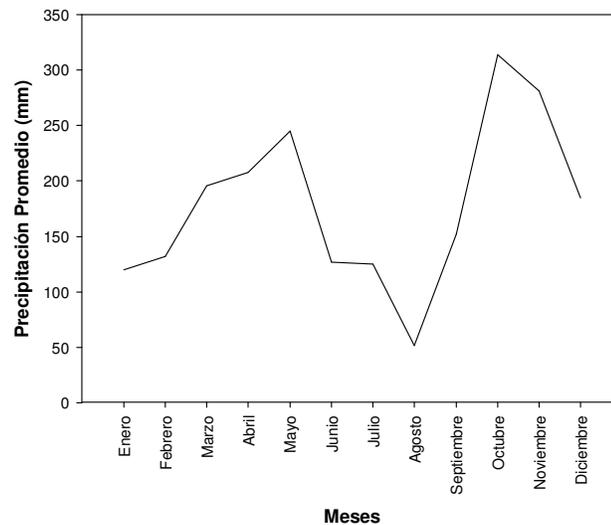
Esto también implica reconocer las diferencias entre las percepciones de los investigadores y los lugareños, que generalmente crean conflictos por el desconocimiento del sistema de valores y los factores que motivan los cambios en las personas. Además la forma de solucionar los problemas por los investigadores, planeadores y los lugareños pueden tener diferencias que determinan los conflictos a la hora de concertar acciones para el mejoramiento de un sistema como el del recurso hídrico. Wagner (2005) resalta la importancia de entender las diferencias en la comprensión, opiniones y valores técnicos del recurso hídrico, además de las motivaciones para la adopción de comportamientos ambientales, con el fin de describir y entender el conocimiento, las características y los problemas locales a través de herramientas analíticas que facilitan la toma decisiones y el desarrollo de estrategias de gestión, evaluando los efectos sociales de un cambio específico.

Trabajos como el realizado por Harris *et al* (1994), encontraron que a partir de preguntas sencillas relacionadas con los sentidos (Olor, color, sabor) se logro reconocer los fundamentos básicos con los que los agricultores reconocen la salud del suelo y con los que toman decisiones para el trabajo en los predios. El recurso hídrico también se puede diagnosticar de manera descriptiva por sus características organolépticas, que a pesar de no ser el diagnóstico óptimo para la toma de decisiones en salud publica, es una aproximación válida para entender la percepción de los actores locales en relación con el territorio. Además este diagnóstico descriptivo se convierte en un complemento del analítico que incluye propiedades químicas, físicas y biológicas del sistema estudiado, esta relación es importante en la medida que se cruce con otros aspectos del sistema estudiado, para así encontrar una dimensión más amplia de la concepción territorial, incluyendo efectivamente las comunidades locales, que en últimas toman las decisiones ambientales.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la microcuenca Los Ángeles que forma parte de la cuenca del río la Vieja y se localiza en el municipio de Alcalá, al extremo norte del departamento del Valle del Cauca, en límites con el departamento del Quindío. Pasa por los pisos térmicos cálidos y medio, el clima de la zona es bimodal con dos temporadas secas (diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto) y dos lluviosas (marzo-abril-mayo y septiembre-octubre-noviembre) (Figura 1), con temperaturas que van desde los 18 hasta los 22°C y precipitación promedia anual de 1300 mm (Zúñiga y Feijoo 2003).



**Figura 1.** Precipitación Promedio de los años 2004-2006, estación Arturo Gómez, Alcalá Valle del Cauca (Federación Nacional de Cafeteros 2006, 2007, 2008).

Las estaciones seleccionadas se situaron entre los 1840 y los 1200 msnm, en la zona de transporte de la corriente (Figura 2); los muestreos se realizaron entre el 2 de febrero y el 11 de abril de 2008, en una época de lluvia y otra de sequía. Las temporadas se definieron de acuerdo con los registros de precipitación provenientes de tres estaciones meteorológicas (La Esperanza, Arturo Gómez y El Recreo) situadas en los municipios de Filandia, Alcalá y Ulloa respectivamente (Gutiérrez y Monsalve, 2007; Carvajal, 2008). Los principales tipos de vegetación ripariana fueron los guaduales y relictos de selva (Tabla 1).



**Figura 2.** Microcuenca los Ángeles en el municipio de Alcalá Valle del Cauca y Filandia Quindío.

**Tabla 1.** Estaciones de muestreo y parámetros ambientales.

Estación	Coordenadas		Tipo de protección	Características	Fecha de muestreo
	N	W			
Pavas	4° 39' 34.60"	75° 42' 1.85"	Relicto de selva	Un metro de ancho del cauce, sustrato dominante piedras, profundidad del cauce entre 10 y 40 cm.	20/02/2008 y10/04/2008
El Congal	4° 39' 51.75"	75° 43' 0.36"	Relicto de selva	Dos metros de ancho del cauce, sustrato dominante: piedras, profundidad del cauce entre 15 y 50 cm.	20/02/2008 y10/04/2008
La Caña	4° 40' 3.34"	75° 44' 44.80"	Guadual	Tres metros de ancho del cauce, sustrato dominante: piedras, profundidad del cauce entre 15 y 50 cm.	20/02/2008 y11/04/2008
La Polonia	4° 40' 9.69"	75° 45' 0.13"	Sin Protección	Tres metros de ancho del cauce, sustrato dominante: piedras, profundidad del cauce entre 20 y 50 cm.	21/02/2008 y11/04/2008
La Floresta	4° 40' 58.02"	75° 46' 2.87"	Sin Protección	Dos metros de ancho del cauce, sustrato dominante: piedras, profundidad del cauce entre 20 y 50 cm.	21/02/2008 y11/04/2008

### **3.2. Bioindicación preliminar de la calidad del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles**

La fase de bioindicación se realizó con base en el protocolo de campo adaptado del BMWP/Col de Roldan (2003). Se visitó el área de estudio y se recopilaban registros relacionados con la microcuenca; esta información incluyó la revisión de predios, parcelas, anotando características de la cobertura vegetal, fuentes de contaminación presentes, y las características de la vegetación del sitio. Luego se procedió a la selección de cinco estaciones de muestreo que se georeferenciaron por medio de GPS que fueran diferentes en entornos productivos y sistemas de conservación. La estación de referencia con mayor área en relicto de selva en la microcuenca y menor intervención antrópica se utilizó para establecer comparaciones de la calidad biológica del recurso y se supuso que las comunidades de invertebrados podrían variar entre épocas de muestreo (Rueda, 1997).

La recolección se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la propuesta del BMWP/Col (Roldan 2003). En cada estación se realizaron 20 arrastres o batidas con las redes en los microhábitats existentes. Para reconocer los microhábitats se hizo un recorrido visual del tramo seleccionado para el muestreo (10 m<sup>2</sup>), aguas arriba y aguas abajo (orillas con y sin vegetación, zonas de piedras, de arenas, en corriente y en piscinas). Cada redada se vació para evitar la pérdida de taxones ya que la corriente puede arrastrar los individuos atrapados si es introducida varias veces.

Si la quebrada era poco profunda se usó la red sùber de 0.09 m y con la mano se removió el sustrato aguas arriba. Si era mas profunda se usaron redes sujetas a dos mangos largos (red de pantalla) de 1.5 m de superficie de muestreo y con los pies se removió el sustrato (Tercedor , 1996); Para los sustratos con o sin vegetación en las orillas se usó la red de triángulo de 0.042 m de superficie. Las muestras fueron puestas en campo en alcohol al 90% en recipientes de plástico y se conservaron en alcohol al 70% y se identificaron hasta familia con la guía de Roldán (1998).

La información se agrupó según el nivel de tolerancia y se asignó el puntaje (de uno a 10) correspondiente a cada familia (Anexo1) para calificar las estaciones a partir de la sumatoria de los puntajes, este valor permite clasificar cada estación en clases de calidad biológica del agua (de buena a muy crítica) y además le asigna color y significado (Anexo2).

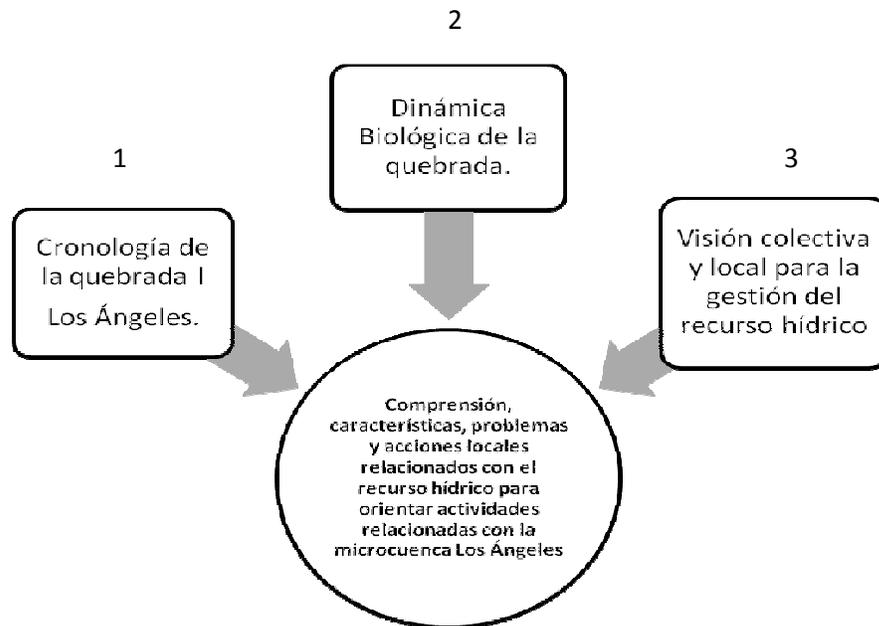
### **3.3. Relación de la calidad biológica del agua con las zonas de protección y los usos del terreno aledaños a la microcuenca Los Ángeles**

Después de cualificar y calificar las estaciones de muestreo a partir de la información taxonómica, se buscó reconocer los cambios de las estructuras de las comunidades de

macroinvertebrados por efectos de los tipos de protección y las áreas de conservación. En las cinco estaciones se caracterizaron las zonas de protección, se referenció y midió el área sobre el margen izquierdo y derecho de la quebrada en un recorrido de 500 m aguas arriba, se discriminaron los tipos de protección e identificaron los predominantes para conocer los cambios entre cada estación y se realizaron perfiles idealizados de las coberturas vegetales.

### 3.4. Acciones para la gestión local del recurso hídrico

Se trabajó en tres momentos metodológicos que contextualizaron la realidad local a partir de las percepciones de los pobladores y la socialización de los resultados del trabajo como insumo para resaltar la dinámica biológica de la quebrada en relación con el territorio (Figura 3). Esta fase del trabajo se realizó a partir del encuentro con pobladores locales (agricultores, pescadores y jóvenes), y se desarrolló a través de discusiones y charlas para intercambio del conocimiento local y la investigación, buscando obtener información para construir una visión colectiva en pro del mejoramiento de la diversidad del agua y calidad biológica. Las materias primas visuales (imágenes, mapas de área de estudio, formatos de indagación gráficos y dibujos de las familias de los macroinvertebrados) se incluyeron para las valoraciones, como herramienta para entender y describir los conocimientos, las características y los problemas locales relacionados con el agua en el área de estudio.



**Figura 3.** Momentos metodológicos para la contextualización, el intercambio y las acciones en la microcuenca Los Ángeles.

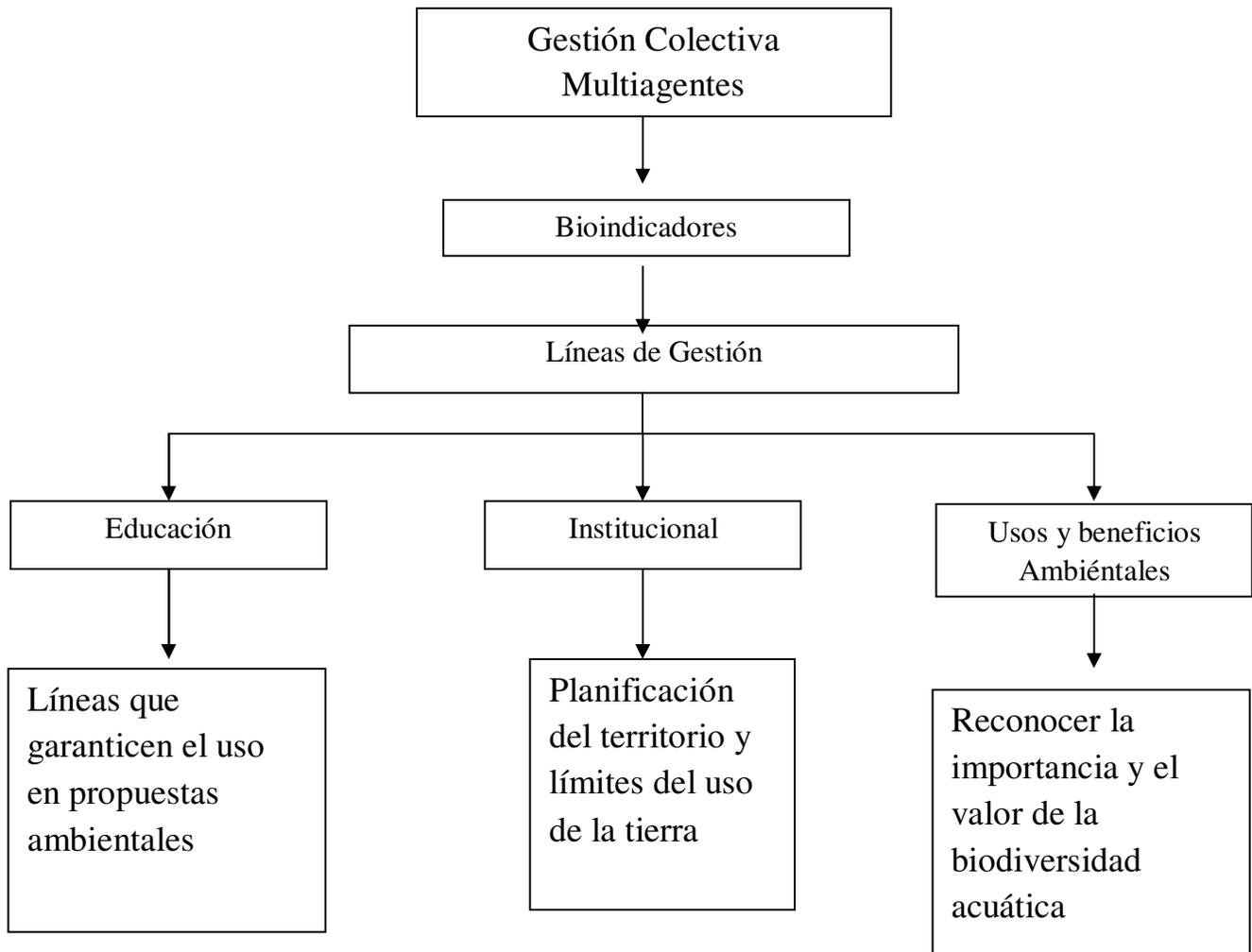
La interlocución con los agricultores, pescadores, niños e instituciones (CVC, UMATA, CORVISA, Acueductos rurales y municipal, Colegio la Concentración) permitió reconocer las percepciones sobre el significado de la quebrada, de las que se analizaron las motivaciones para el mejoramiento de la microcuenca y los posibles conflictos para concertar acciones entre actores, suponiendo que el desconocimiento de las diferencias en la comprensión, opiniones y valores limita la solución de la problemática ambiental. La valoración se realizó a partir del diálogo con los actores acerca del significado de la quebrada Los Ángeles y la importancia para las actividades cotidianas. Conocer las preocupaciones ambientales de los pobladores locales fue fundamental como punto de partida para el intercambio y la búsqueda de posibles soluciones.

Se determinaron como supuestos que el paisaje cambia por efecto antrópico con el transcurrir del tiempo, que la historia del paisaje es conocida por los informantes locales y se que puede documentar en el diálogo con ellos (Sheil *et al.*, 2003). Se identificaron los cambios relacionados con el agua y el paisaje, con algunas categorías como el cauce, la diversidad y los usos, utilizando un formato (Anexo 3) para la visualización de la trayectoria de los diez años en el área de estudio y se solicitó incluir en él las características de los sitios en los años pasados.

La identificación de los usos de la quebrada con la comunidad local permite visualizar la importancia del recurso para ellos, los participantes con la ayuda del segundo formato (Anexo 4) intercambiaron ideas y conocimientos acerca de los beneficios que la quebrada trae a la comunidad.

También era necesario reconocer los animales del agua identificados por los pobladores, para ello se realizó una actividad a modo de juego que permitió problematizar el tema y contextualizar la vida de pequeños animales como los insectos y otros macroinvertebrados acuáticos, a partir de la importancia para otros animales.

En la tercera fase de este intercambio, se partió del supuestos que los valores locales no son independientes de la ecología local y sirven como guía para el manejo de los recursos; y que el conocimiento local ofrece información valiosa sobre estos aspectos aumentando la eficiencia a la hora de representar las preocupaciones locales (Sheil *et al.*, 2003), se realizó el intercambio de la información encontrada y explicó la metodología del trabajo realizado en la fase de bioindicación, con la ayuda dibujos (Anexo 5). También se diseño un mapa para construir el “cauce de problemas” similar al árbol de problemas (Anexo 6), pero que permitiera visualizar la forma geográfica, la ubicación de conflictos en el territorio con el fin de discutir sobre las causas, los efectos y finalmente dirigir la atención hacia las posibles soluciones, acciones y recomendaciones para el mejoramiento de la calidad biológica del agua a partir de una visión colectiva y local (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema para representar la gestión local del recurso hídrico con los actores de la microcuenca Los Ángeles.

### **3.5. Análisis de la Información**

Se compararon las diferentes características de sitios en la quebrada para definir la similitud en la composición taxonómica, además se analizó una matriz con la información correspondiente a la riqueza de cada familia encontrada, agrupándolas en los grupos de tolerancias según su puntuación en el BMWP/Col). Los organismos se categorizaron como sensibles (8-10), los algo tolerantes (4-7) y tolerantes (1-3). Con la información faunística también se clasificó cada sitio en rangos de calidad del agua según el índice BMWP/Col (Roldan 2003).

Con el fin de representar la cartografía del estudio se procesó la información sobre el uso del terreno con herramientas de SIG para producir el porcentaje de los diferentes tipos de protección de las estaciones estudiadas. Con ellos se generaron mapas de escala 1:2500. En ellos se incluyó la zonificación o representación cartográfica de la calidad del agua de la quebrada, además de identificar las fuentes puntuales y difusas de perturbación o contaminación.

Se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP) para reducir la dimensión de los datos, agrupando las variables entre sí y facilitando la explicación de la variabilidad total con los dos primeros componentes extraídos. En total se utilizaron 41 variables; 35 correspondientes a las familias de macroinvertebrados encontradas en las cinco estaciones, cuatro a las extensiones de las áreas de protección y dos a los valores del índice BMWP en las temporadas de sequía y lluvias.

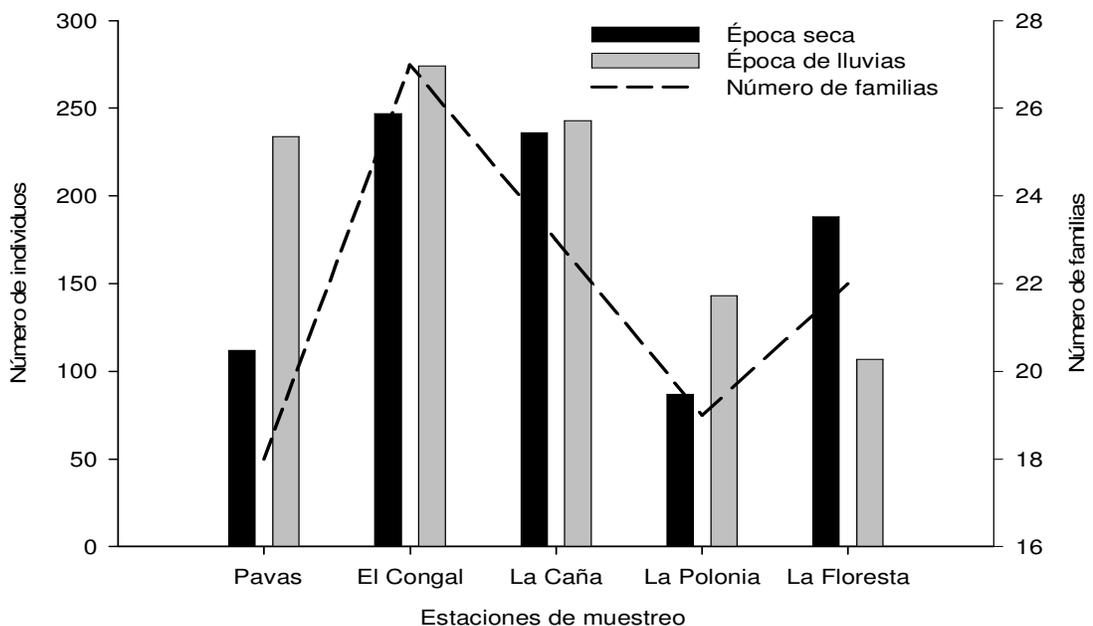
Se identificaron con los pobladores locales las actividades productivas, de consumo, percepciones organolépticas, causas y efectos de las problemáticas relacionadas con el recurso hídrico y la dinámica biológica de la quebrada, además se construyeron posibles acciones locales para la gestión del recurso hídrico en la microcuenca los Ángeles del municipio de Alcalá.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Bioindicación preliminar de la calidad del recurso hídrico

#### 4.1.1. Nivel de tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos

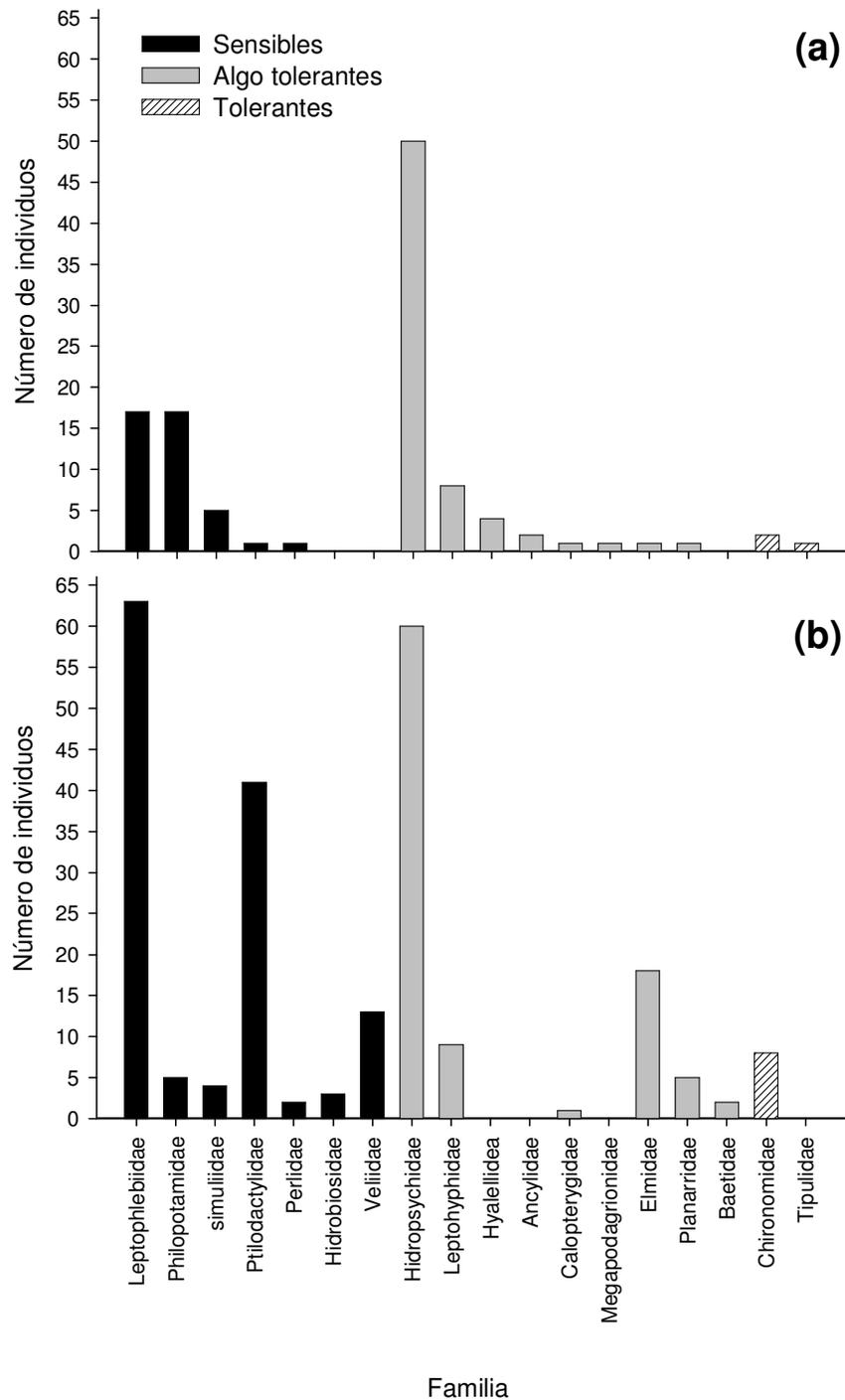
En la época de lluvias se incrementó la riqueza de macroinvertebrados, exceptuando la estación La Floresta (Figura 5). El número de familias encontradas en las estaciones fue: 18 en Pavas, 27 en la El Congal, 23 en La Caña, 19 en La Polonia y 22 en La Floresta.



**Figura 5.** Número de individuos en las cinco estaciones, relacionadas con el número de familias encontradas en las dos temporadas muestreadas.

Los grupos faunísticos colectados en las dos temporadas de muestreo en la estación Pavas hacen parte de los Phyla Artropoda, Platyhelminthes y Mollusca, con 18 familias y 346 individuos (Anexo 8). En la época de sequía se encontraron 112 individuos correspondientes a 15 familias en las que dominaron Hidropsychidae (50 ind.). En la temporada de lluvia los individuos aumentaron a 234 agrupados en menor número de familias (14) principalmente Leptophlebiidae (63) e Hidropsychidae (60).

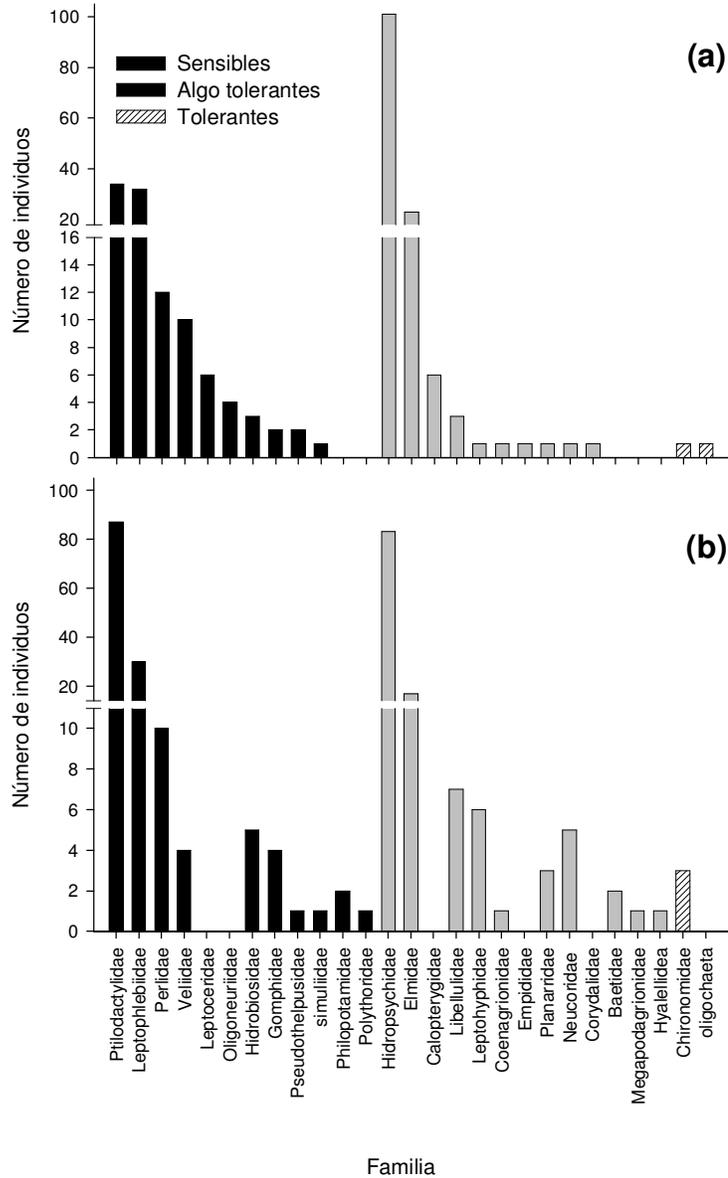
En la temporada seca dominaron ocho familias algo tolerantes a la contaminación con 68 individuos, seguidas de cinco sensibles con 41, y dos tolerantes con tres. En la temporada de lluvias se encontraron siete familias sensibles con 131 individuos, seis algo tolerantes con 95 y una tolerante con ocho (Figura 6).



**Figura 6.** Número de individuos de las familias en la estación Pavas.

En la estación El Congal en las dos temporadas de muestreo se encontraron los grupos Arthropoda, Platyhelminthes y Annelida con 27 familias y 521 individuos (Anexo 8). En la

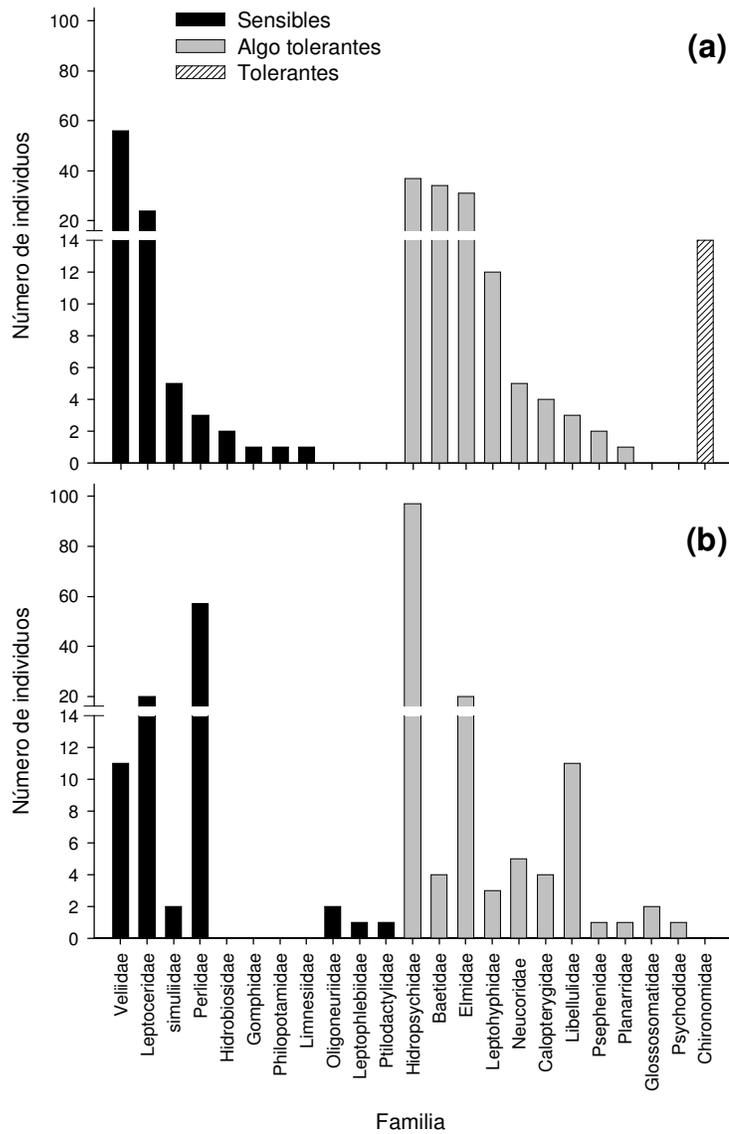
época de sequía se colectaron 247 individuos correspondientes a 22 familias, dominó la familia Hidropsychidae (101 individuos) y en la temporada de lluvias se encontraron 274 individuos agrupados en 21 familias, principalmente Ptilodactilidae (87) e Hidropsychidae (83). En las dos temporadas se encontró el mismo número de familias sensibles y algo tolerantes a la contaminación (10), sin embargo hubo diferencias en el número de individuos, con predominio en la temporada seca de los algo tolerantes (139 ind.) y en la de lluvias los sensibles (145 ind.); mientras los tolerantes presentaron menor número de familias e individuos (Figura 7).



**Figura 7.** Número de individuos por familia en la estación El Congal.

En la estación La Caña se encontraron macroinvertebrados de los Phyla Artropoda y Platyhelminthes, con 23 familias y 479 individuos (Anexo 8). En la temporada de sequía se colectaron 236 ind. de 18 familias en las que dominó Veliidae (56 ind.); mientras en la lluviosa se incrementaron los individuos (243) pero el número de familias fue igual (18) principalmente Hidropsychidae (97).

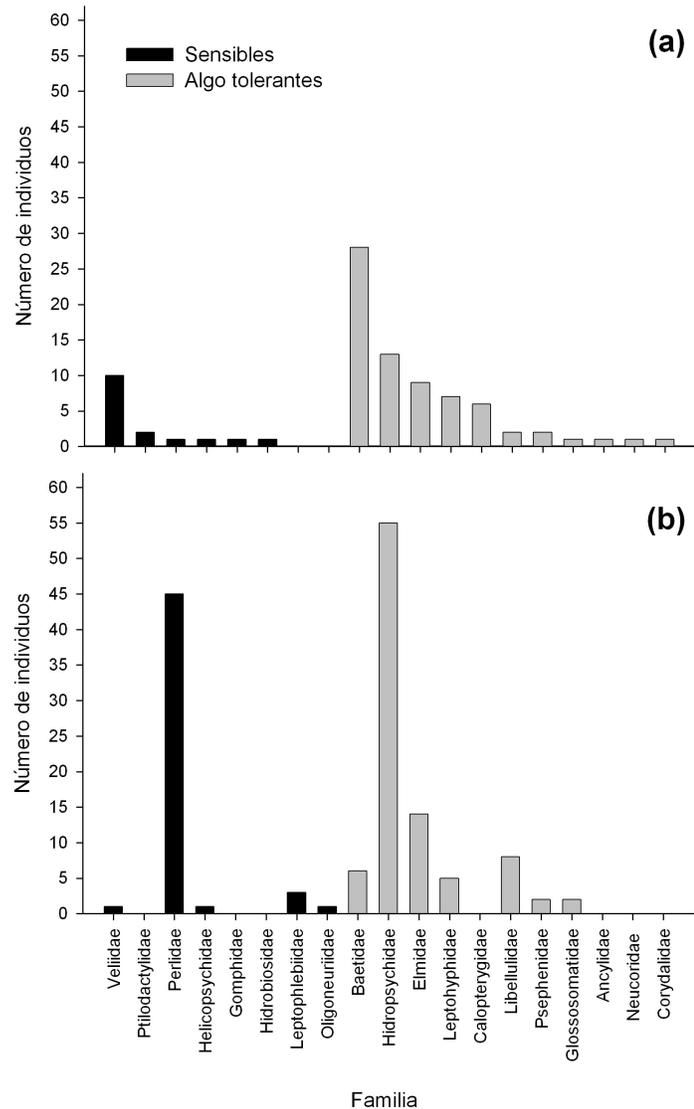
En sequía fue mayor el número de individuos, nueve familias algo tolerantes (129), seguidas de ocho sensibles (93ind.) y una tolerante (14 ind.); en lluvias se incrementaron las familias (11) y sus individuos (149) algo tolerantes, mientras se mantuvo un número similar en las sensibles (siete, 94 ind.) (Figura 8).



**Figura 8.** Número de individuos por familia en la estación La Caña.

En la estación La Polonia se encontraron 19 familias y 230 individuos agrupados en los Phyla Artropoda, Annelida y Mollusca, (Anexo 8). En la época de sequía se colectaron 87 ind., en 17 familias, principalmente de Baetidae (28 Ind.); en la temporada de lluvia se incrementaron los individuos (143) pero fue menor el número de familias (12) con dominio de Hidropsychidae (55).

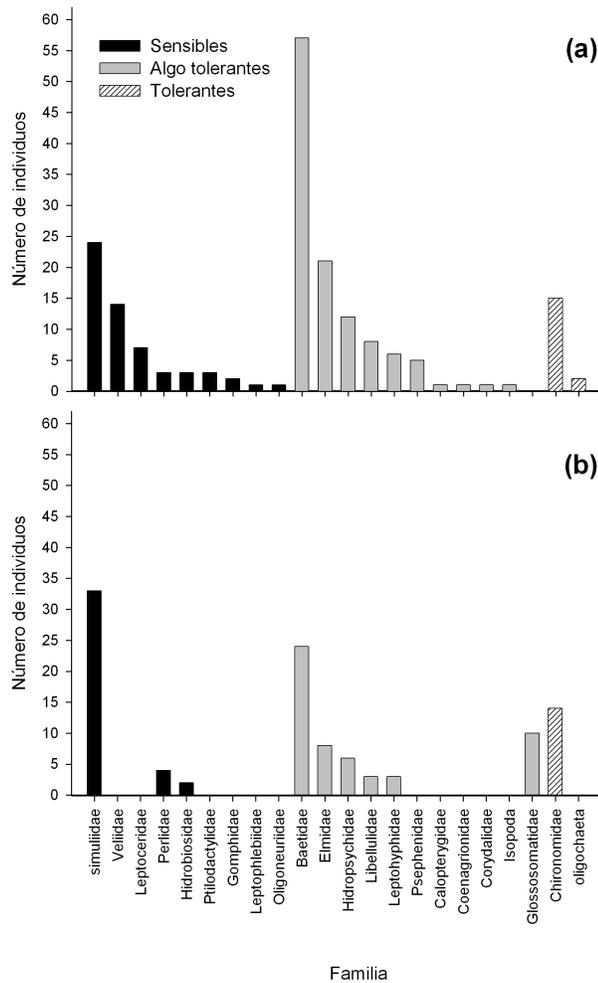
En esta estación, en la época de sequía se encontraron 11 familias algo tolerantes con 71 individuos, seguidas de seis sensibles (16); y en la temporada de lluvias a pesar del aumento en el número de individuos de cinco familias sensibles (51), siguen dominando las tolerantes con 92 ind. (Figura 9).



**Figura 9.** Número de individuos de las familias en la estación La Polonia.

Los grupos faunísticos encontrados en la estación La Floresta se agruparon en los Phyla Artropoda, y Annelida con 22 familias y 295 individuos (Anexo 8). En la época de sequía se encontraron 188 ind., agrupados en 20 familias dominadas por Baetidae con 57 ind., y en la temporada de lluvia se colectaron 107 ind. en 10 familias y fue Simuliidae con 33 ind. la mas representativa

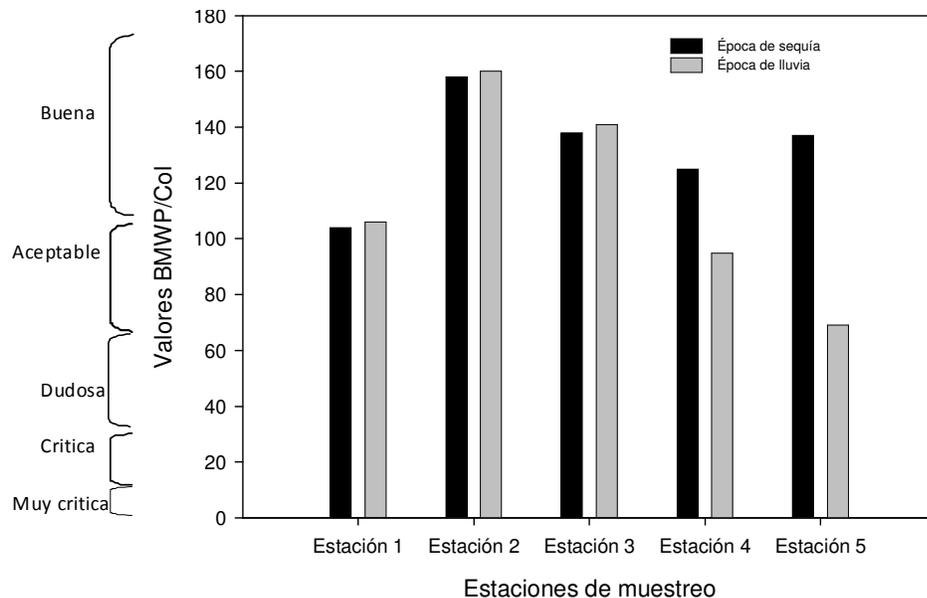
En la temporada seca dominaron 10 familias algo tolerantes con 113 ind., seguidas de nueve sensibles con 58 ind. y dos tolerantes con 17 ind.; mientras en la temporada de lluvias, se presentó una disminución de las familias colectadas, sin embargo también dominaron las algo tolerantes (6) con 54 ind., seguidas de tres sensibles con 39 ind. y de una tolerante con 14 ind. (Figura10).



**Figura 10.** Número de individuos de las familias en la estación La Floresta.

#### 4.1.2. Índice Biológico

En temporada de sequía el índice BMWP/col estableció en la categoría de aguas de buena calidad las cinco estaciones muestreadas con valores entre 104 y 158 (Anexo 9), mientras en la temporada lluviosa solo las estaciones Pavas, El Congal y La Caña se situaron en esta categoría y las estaciones La Polonia y La Floresta obtuvieron valores del índice inferiores (95 y 69 respectivamente) representando la categoría de aguas de calidad aceptable (Figura 11).

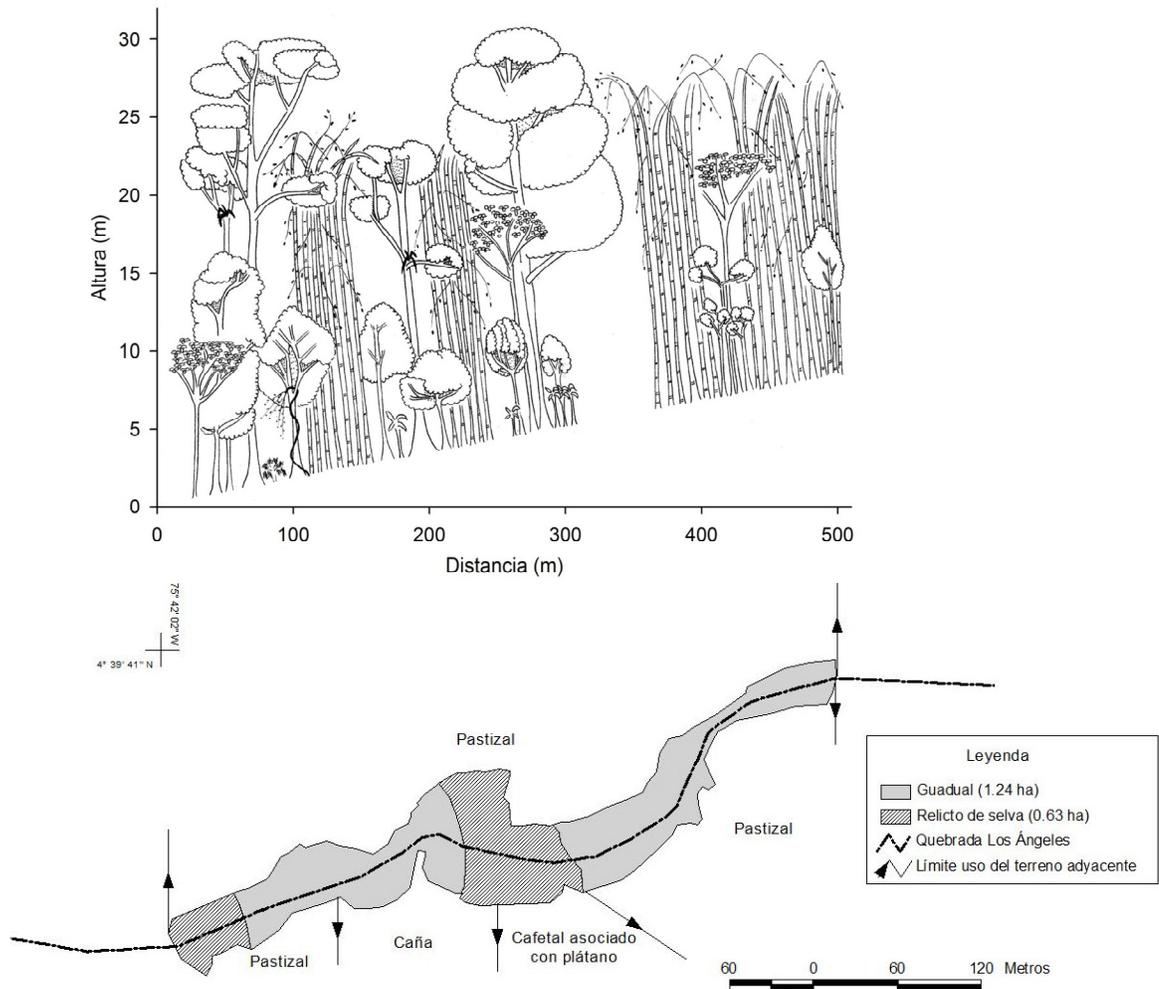


**Figura 11.** Clases de calidad del agua en las cinco estaciones de muestreo según el índice BMWP/ col.

#### 4.2. Relación de la calidad biológica del agua con las zonas de protección y usos del terreno aledaños

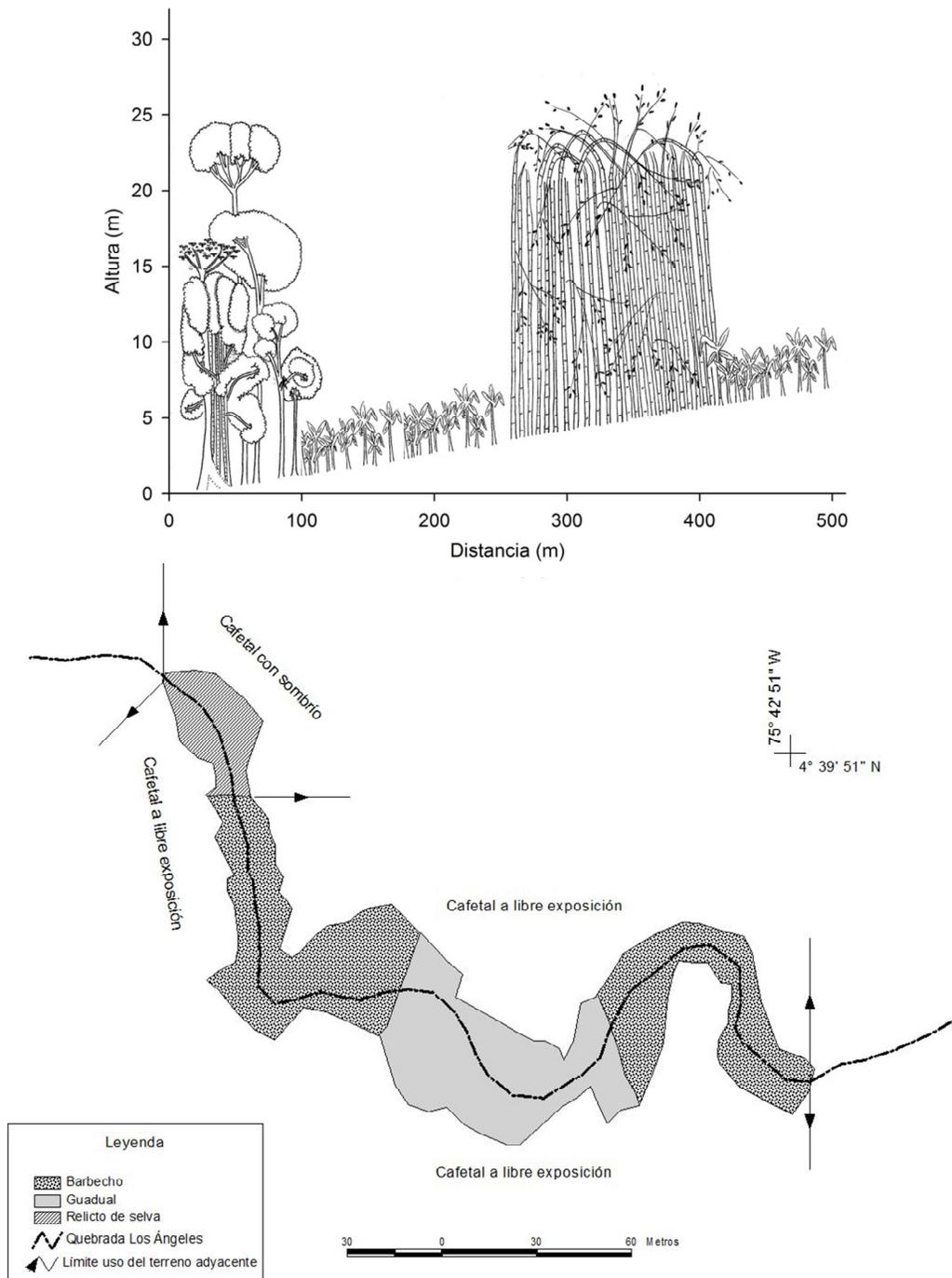
Las principales características observadas 500 m aguas arriba de las estaciones muestreadas fueron el predominio del guadual como sistema de protección y la presencia de relictos de selva en las estaciones Pavas y El Congal, también se observó en las veredas El Congal, La caña y en parte de la Polonia la presencia de sistemas de cultivos de café y otros en menor proporción, mientras que en las partes alta (Pavas) y baja (La Floresta) de la zona de estudio dominaron pastizales y cañaduzales respectivamente.

También se observaron distintos estratos de la vegetación y árboles característicos de las familias Acanthaceae, Boraginaceae, Bombacaceae, Cecropiaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Heliconiaceae, Lauraceae, Mimosaceae, Moraceae, Papilionaceae, Sapindaceae, Tiliaceae, Ulmaceae, Urticaceae.



**Figura 12.** Mapa y perfil idealizado de la zona de protección de la estación Pavas.

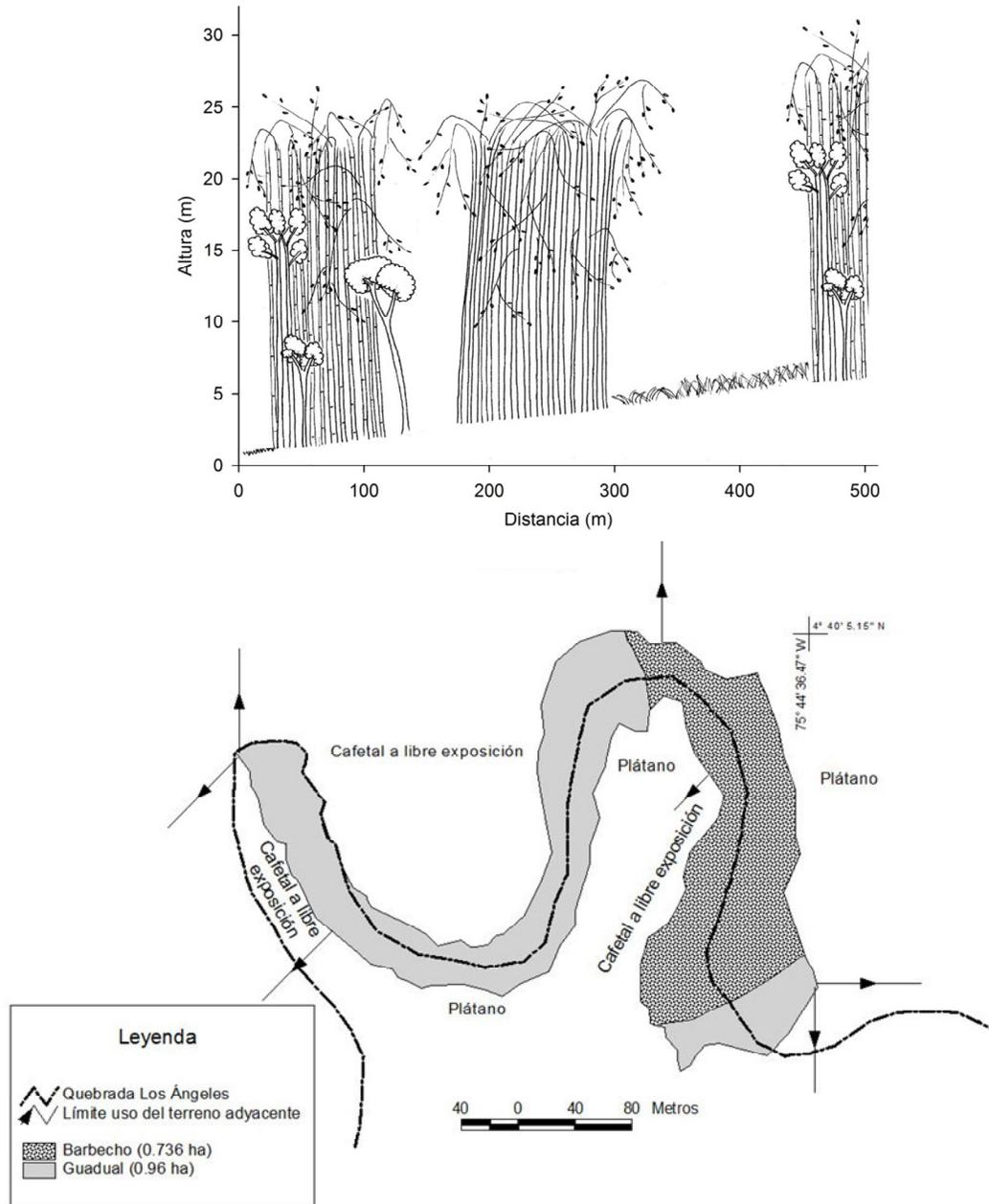
En el área estudiada de la estación Pavas (1.87 ha) se encontraron cuatro fragmentos de dos tipos de protección, guadua (1.24 ha) y relicto de selva (0.63 ha); en el límite derecho del área de protección se observó pastizal y en el izquierdo caña y café asociado con plátano, sin embargo domina el pastizal, rodeando un fragmento importante del nacimiento y zona de captación de la microcuenca (Figura 12).



**Figura 13.** Mapa y perfil idealizado de la zona de protección de la estación El Congal.

La zona aledaña a la estación El Congal estuvo dominada por el café a libre exposición en las dos márgenes de la quebrada, sin embargo en el margen derecho también se observó

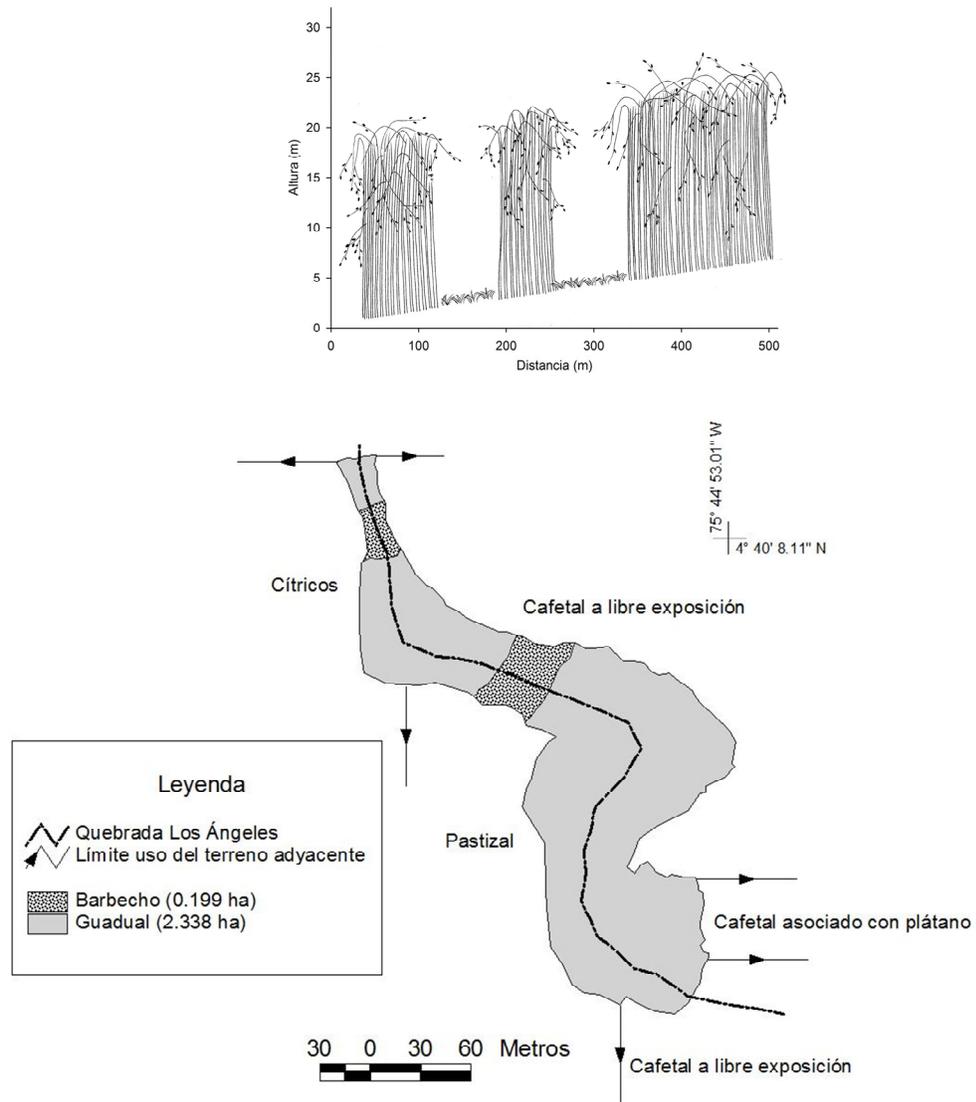
café con sombrío. El sistema de protección está dividido en tres usos, barbecho (dos fragmentos con 0.9 ha), uno de guadual (0.57 ha) y otro de relicto de selva (0.16 ha) (Figura 13).



**Figura 14.** Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Caña.

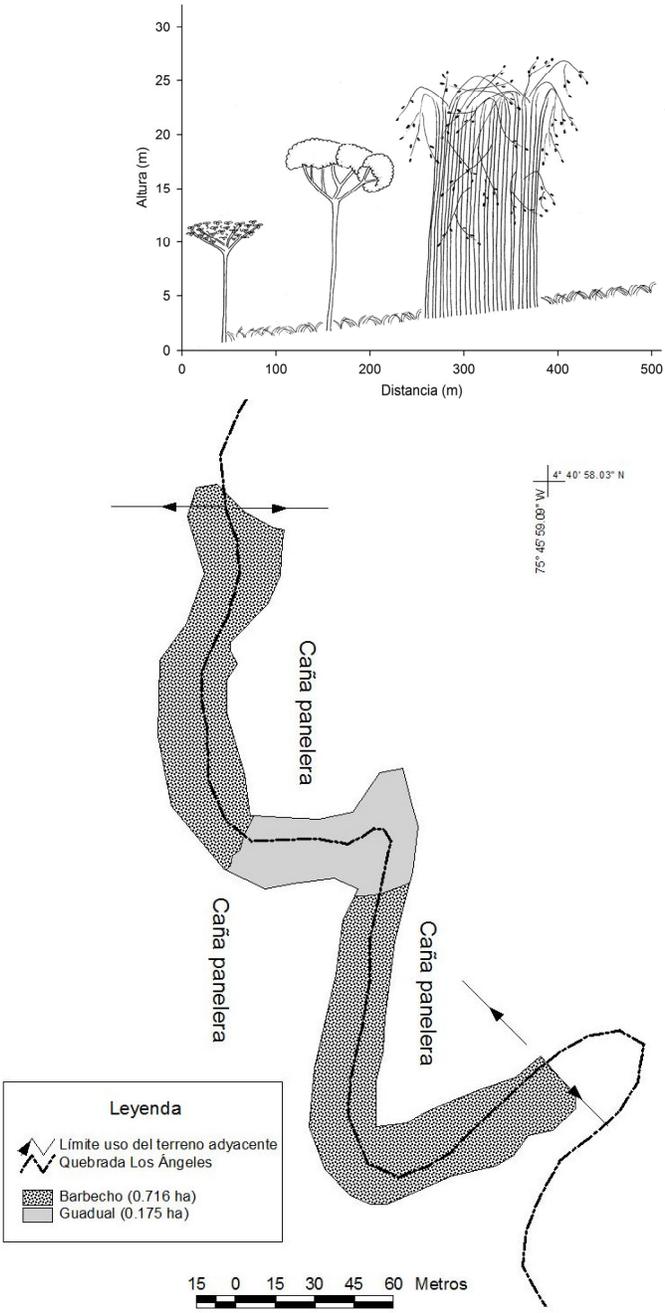
En la estación La Caña no se encontró relicto de selva en los 500 metros de la zona de protección solo se observaron algunos árboles dispersos, predominó el guadual (0.93 ha), seguido del barbecho con 0.736 ha y en el área vecina se observaron cultivos de plátano y café principalmente, además de un cultivo de frijón y algunas plantaciones de follajes (Figura 14).

En la estación La Polonia, se encontró la mayor área de guadual, ocupando 2.34 ha seguido del barbecho con 0.20 ha; por otro lado el cultivo predominante en la zona aledaña fue el café a libre exposición en los dos márgenes de la quebrada, además de otras plantaciones como pastizales, café con sombrío y un cultivo de cítricos que llega hasta la orilla del afluente en la margen derecha (Figura 15).



**Figura 15.** Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Polonia.

Finalmente la estación La Floresta posee características que la diferencian de las demás, como la presencia de un monocultivo en toda la zona estudiada, además representa la zona con menor área de protección de las cinco estudiadas; el cultivo encontrado fue de caña panelera y la zona de conservación fue dominada por barbecho (0.72 ha), seguido de un fragmento de guadua (0.18 ha) (Figura 16).



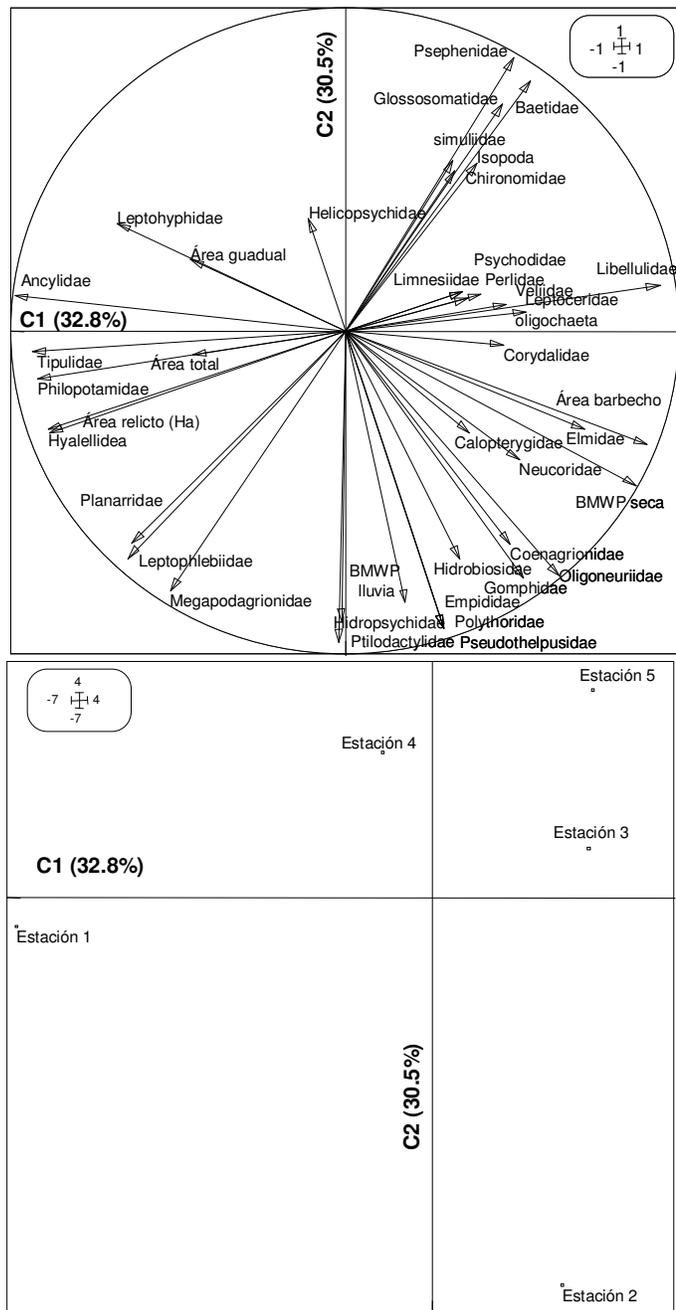
**Figura 16.** Perfil idealizado de la zona de protección de la estación La Floresta.

Las temporadas de lluvias y sequías determinaron cambios en la calidad biológica del agua en la Quebrada Los Ángeles, relacionado esto con los sistemas de protección de las estaciones muestreadas, ya que en pequeños tramos sin protección el cambio de temporada y las poca disponibilidad de hojarasca afectan la dinámica biológica de la quebrada.

El ACP explicó 63.3% de la variabilidad total con los dos primeros componentes. El C1 (32.8%) mostró la correlación existente entre zonas con mayores áreas de relicto de selva y la abundancia de las familias Ancyliidae, Tipulidae, Philopotamidae y Hyalellidae; además de la relación entre los valores más altos del índice BMWP/Col en temporada seca con los sitios de mayor área en barbecho y la presencia de las familias Libellulidae y Elmidae. En el C2 (30.5%) se observó que los valores superiores en el índice BMWP/Col en temporada de lluvias estuvieron relacionados con las familias Ptilodactilidae, Empididae, Polythoridae, Pseudotelpusidae, Psephenidae e Hidropsychidae.

Por medio del Análisis de Componentes Principales se observó que los datos tendieron a agruparse por temporadas de muestreo, mostrando la influencia del aumento o disminución del caudal y las características del entorno sobre la calidad del agua. El primer componente diferenció la estación uno, por presentar la mayor área de protección con relicto de selva y el menor puntaje en el índice BMWP/Col en temporada seca, mientras las estaciones El Congal, La Caña y La Floresta se caracterizaron por poseer mayores áreas con barbecho y valores altos en el índice para la misma temporada. Por otra parte, el segundo componente separó la estación dos como la de mayor BMWP/Col en temporada de lluvias (Figura 17).

La estación El Congal se ubicó en la parte inferior derecha del plano, indicando valores altos en el índice de calidad tanto en la temporada seca como en la lluviosa, esta estación también corresponde a la zona con mayor área en barbecho pero con relicto de selva en el sitio de muestreo. Por el contrario las estaciones La Polonia y La Floresta, presentaron disminuciones en la calidad del agua en la época de lluvias, localizándose en la parte superior del plano, y caracterizándose por la presencia de monocultivos de cítricos y caña panelera en las zonas aledañas.



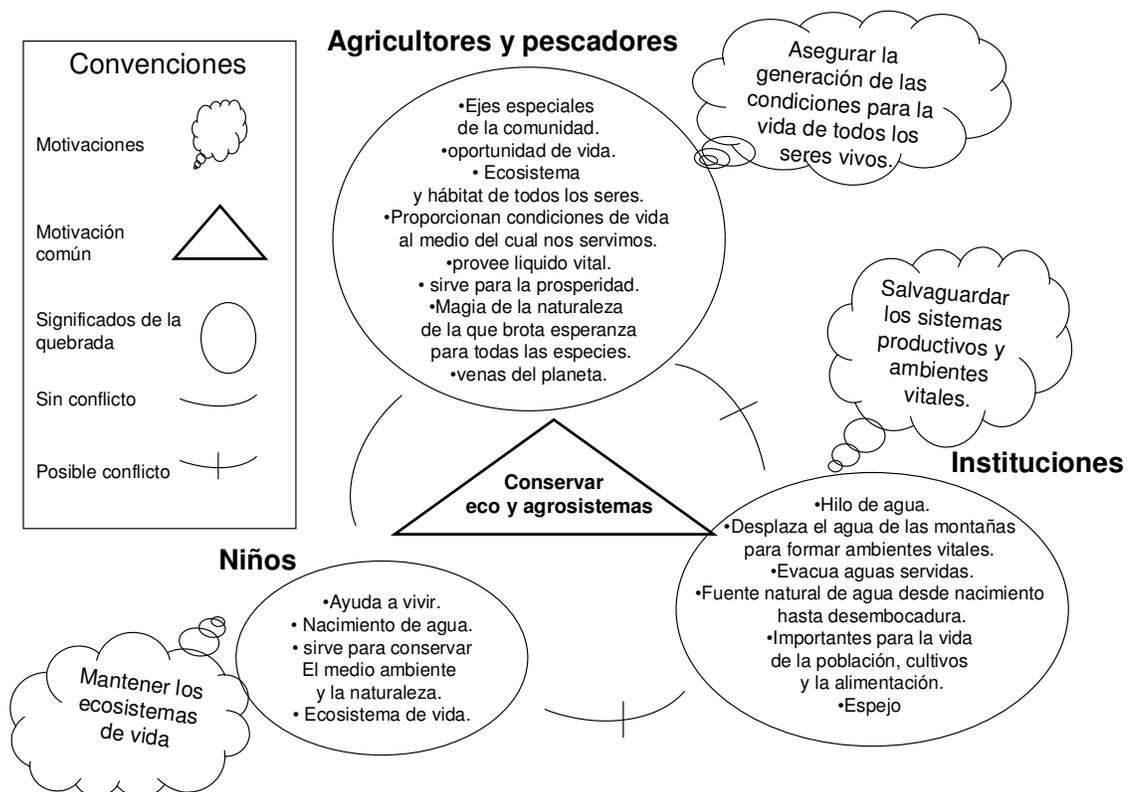
**Figura 17.** Círculo de correlaciones y proyección de las estaciones de muestreo en el plano con los componentes uno y dos extraídos en el ACP de variables de bioindicación y áreas de protección del recurso hídrico.

### **4.3. Acciones que permiten integrar el reconocimiento de la calidad del agua a partir de la bioindicación y los usos del suelo para la gestión recurso hídrico**

#### **4.3.1. Importancia de la quebrada Los Ángeles para agricultores, pescadores, niños e instituciones según su significado**

A los agricultores y pescadores los motiva conservar y cuidar la quebrada para asegurar la generación de las condiciones para la vida, las instituciones insisten en salvaguardarla para los sistemas productivos y los niños piensan en mantener un ecosistema de vida, de aquí que los actores coinciden en la importancia del recurso hídrico para la conservación de los agro y ecosistemas, como eje estructurante e indispensable para los otros recursos en el sistema natural, especialmente el manejado por los seres humanos.

Sin embargo las principales diferencias entre las percepciones de los actores se presentaron entre las instituciones-agricultores y las instituciones, niños, los agricultores y pescadores a pesar que consideran la quebrada importante para la producción, lo enfocan desde la generación de las condiciones para la vida de todos los seres vivos en un sistema donde todos toman recursos y los niños consideran la quebrada como un ecosistema de vida que sostiene los recursos naturales; de aquí que la visión productiva y de servicios de las instituciones estrictamente económica-productiva, genera posibles conflictos en los canales de comunicación para las construcción de acciones, propuestas y el apoyo a las actividades en función del mejoramiento del sistema (Figura 18).



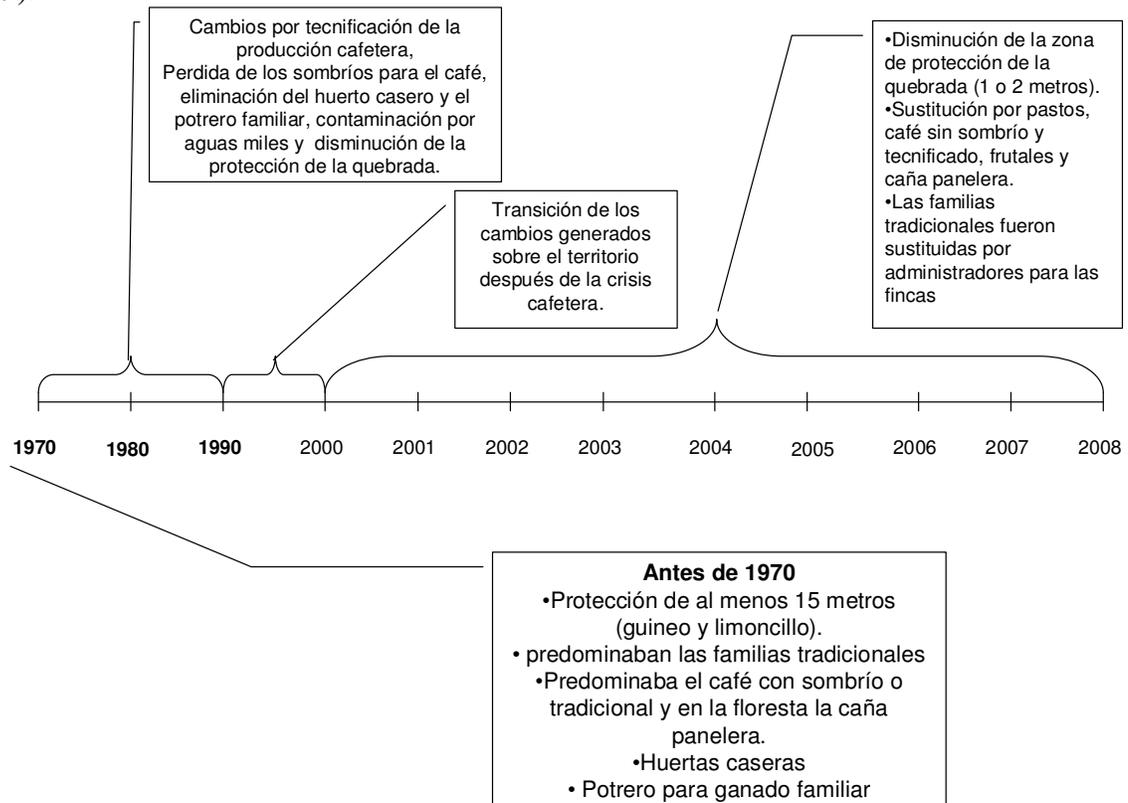
**Figura 18.** Significados, motivaciones y conflictos de los actores locales en torno a la microcuenca Los Ángeles.

#### 4.3.2. Cronología de la quebrada Los Ángeles - relato de los cambios en la microcuenca Los Ángeles.

Los pobladores locales identificaron cambios relacionados con la quebrada y el paisaje, reconocen y relacionan los cambios en la microcuenca Los Ángeles con los de la economía cafetera, además identifican tres momentos en los que se generaron grandes transformaciones en el paisaje; antes de 1970 las familias eran tradicionales de la zona, el sistema de cultivo de cafetal predominante fue con sombrío, las familias asignaban superficies de la finca a la huerta casera, los pequeños potreros, y protección de quebradas (guineo y limoncillo).

Entre 1970 y 1990 la industrialización del sistema de cultivo de cafetal estuvo acompañada de la eliminación del sombrío y la siembra del cafeto en toda la superficie de la finca. Después de 1990 con la crisis cafetera muchos cafetales fueron sustituidos por pastizales en las veredas Pavas, La Caña y La Floresta; en El Congal se mantiene el sistema industrial de cultivo de cafetal y aparecen sistemas de cría en confinamiento de porcinos y aves, también fue visible la sustitución del café con sombrío por cultivos de frutas y café a libre exposición en La Polonia, además del aumento de la franja de protección de la quebrada en

esta vereda, especialmente antes de la bocATOMA del acueducto (para cabecera municipal), sin embargo en términos generales la franja siguió disminuyendo en las cinco veredas. Por otro lado, las familias tradicionales de Pavas, El Congal, La Caña y La Floresta, ya no viven en la zona y la mayoría de las fincas fueron puestas en manos de administradores, evidenciándose la disminución en el número de familias en toda la microcuenca (Figura 19).



**Figura 19.** Principales cambios en la cronología de la quebrada Los Ángeles.

#### 4.3.3. Acciones para la gestión local del recurso hídrico en la microcuenca

Resaltar algunos procesos ecológicos de la microcuenca permitió la construcción de acciones colectivas, puesto que los pobladores locales, especialmente los pescadores conocen algunos macroinvertebrados acuáticos y los identifican con nombres comunes (Tabla 2), facilitando el diálogo sobre la dinámica biológica de la quebrada y su importancia para los ecosistemas y ampliando las posibilidades de proponer trabajos con las comunidades rurales en torno a la vida en el agua.

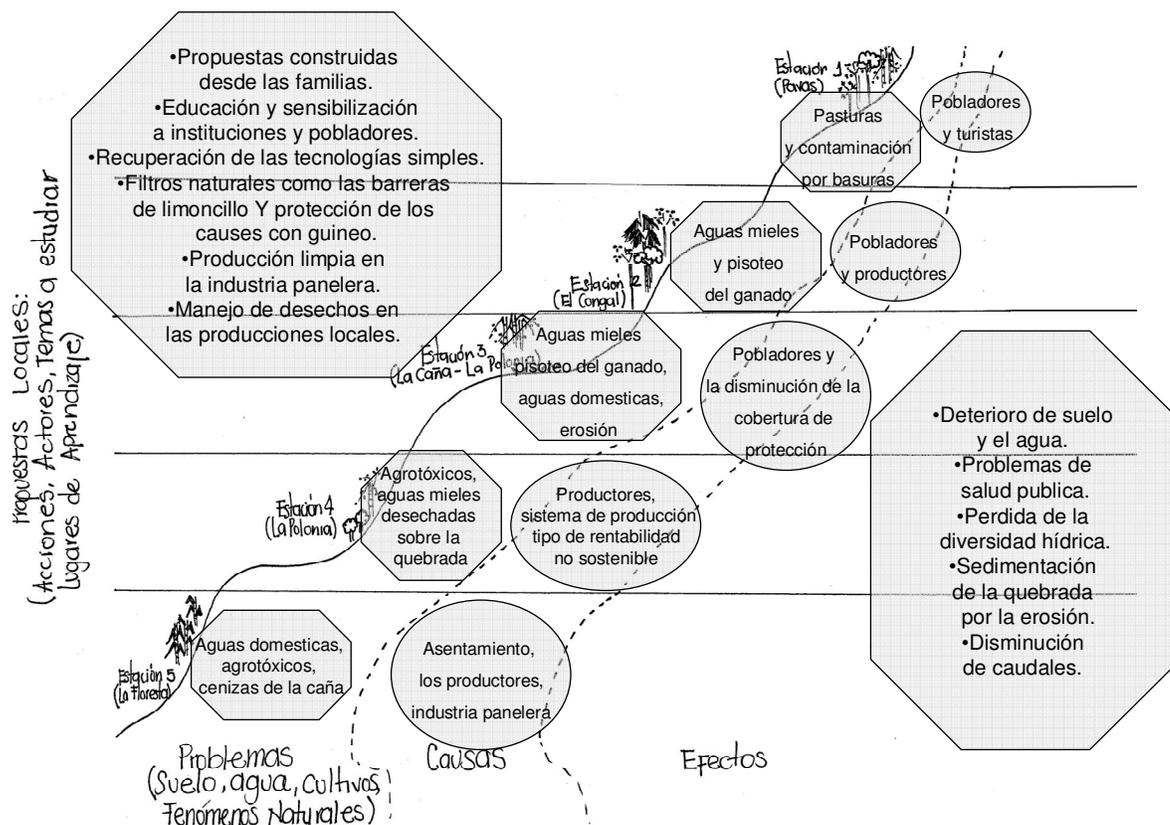
**Tabla 2.** Nombres comunes para macroinvertebrados acuáticos que reconocen los actores locales.

<b>NOMBRES COMUNES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS ENCOTRADOS EN LA QUEBRADA LOS ÁNGELES</b>	
FAMILIA	NOMBRE COMÚN
1 Elmidea	Verraquillo de agua
2 Ptilodactylidae	Cigarro
3 Megapodagrionidae	Larva de libelula
4 libellulidae	Larva de libelula
5 Elmidea	Verraquillo de agua
6 Polytoridae	desconocido
7 Glossosomatidae	Cigarro
8 Hidropsychidae	Cigarro mordelon
9 Hyalellidae	desconocido
10 Psephenidae	Centavito o monedita
11 Hidropsychidae	Cigarro
12 Simliidae	desconocido
13 Philopotamidae	Cigarro
14 Perlidae	desconocido
15 Pseudothelpusidae	Cangrejo
16 Vellidae	Tegedor o Patinador
17 Planariidae	Planaria

Por otro lado, la elaboración del cauce de problemas de las cinco veredas estudiadas, permitió que los actores locales concertaran las principales causas y efectos de los problemas en la microcuenca (Figura 20). Los principales problemas identificados fueron el establecimiento de pasturas, monocultivos, los desechos de los cafetales (aguas mieles), de la caña panelera (las cenizas), las aguas domésticas, el uso de agrotóxicos y los residuos de las actividades turísticas

Los actores generalizaron los efectos sobre la microcuenca, al considerar que los problemas relacionados con el recurso hídrico tiene las mismas consecuencias sobre el territorio, como el deterioro del suelo, los problemas de salud pública, la disminución de la calidad del agua, la pérdida de la biodiversidad hídrica, el aumento de los sólidos en las quebradas por la erosión en el suelo y la disminución de caudales. También afirman que las causas de los problemas locales se presentaron por las decisiones que tomaron y toman los residentes de la microcuenca sobre el territorio, influenciadas principalmente por la crisis cafetera y la insostenibilidad económica de la producción.

## CAUCE DE PROBLEMAS



**Figura 20.** Cauce de problemas de la microcuenca los Ángeles

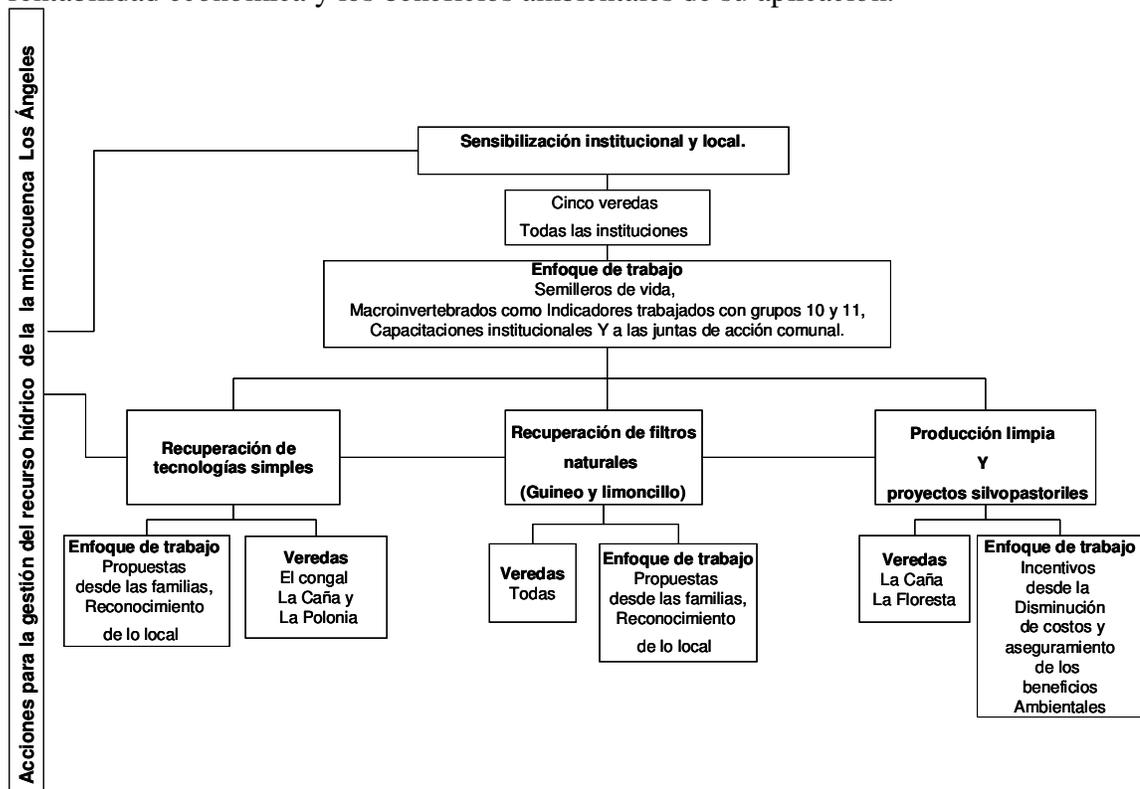
Como resultado del análisis del cauce de problemas los actores locales formularon propuestas de lineamientos o acciones concertadas y agrupadas en cuatro proyectos (Figura 21), entendidos como complementarios para la gestión de la microcuenca. El proyecto de sensibilización institucional fue priorizado al considerar que uno de sus alcances es construir un grupo de apoyo para los demás proyectos, desde el desarrollo de herramientas de trabajo colectivo y el estudio de la situación actual de la microcuenca. Además plantearon que debía estar conformado por las ONG´s del municipio (Temas ambientales y del territorio), el Comité de Cafeteros, los representantes de las juntas de acción comunal, agricultores y pescadores clave, los representantes de los acueductos rurales y de la cabecera municipal, la UMATA, la CVC y un semillero que denominaron “Semillero de Vida” integrado por niños interesados en los macroinvertebrados acuáticos y algunos jóvenes de los grados 10 y 11 que puedan validar las horas de trabajo social en el grupo, apoyados por profesores del municipio y estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira. Este semillero hace parte del proyecto que se llamó “Investigación de la dinámica biológica de la quebrada” en el que se fortalece el estudio de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad biológica y como oportunidad para integrar los conocimientos de varios grupos de personas al tener en cuenta que algunos pobladores

locales especialmente los pescadores reconocen las formas, el hábitats, nombre comunes y la importancia de los macroinvertebrados acuáticos para otros animales.

Por otro lado, el proyecto de recuperación de tecnologías locales, busca documentar con los agricultores los métodos que se usaron para manejar las producciones y los desechos en la zona, además de resaltar la importancia de prácticas eficientes, de bajo costo y fácil aplicación, adaptadas a las características de cada predio a partir del trabajo con las familias de las veredas El congal, La Caña y La Polonia.

También se resaltó la importancia de la valoración de la historia del paisaje local con la familias de la zona, para la recuperación del los filtros naturales tradicionales (Guineo y Limoncillo), a través de un proyecto que busque el fortalecimiento del sistema de protección de la microcuenca y la sensibilización de los pobladores mediante el rescate de las prácticas tradicionales de protección.

Actualmente en Pavas, La Floresta y parte de La Caña se presentan condiciones distintas a las encontradas en las otras veredas, como la presencia de pastizales de grandes extensiones, el desarrollo de zonas turísticas y la producción de panela, para estos se planteo un proyecto que integre producción limpia, buenas prácticas productivas y la producción silvopastoril como una línea para los lugares en los que viven pocas familias dueñas de grandes extensiones de tierra, a partir de incentivos relacionados con la rentabilidad económica y los beneficios ambientales de su aplicación.



**Figura 21.** Acciones para la gestión del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Bioindicación preliminar y relación con usos del terreno

En los 10 muestreos la abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue de 1871 individuos, considerado un valor relativamente alto; ya que en otro estudio en Colombia encontraron 842 individuos (Rodríguez *et al.*, 2007) y en Costa Rica 6084 individuos en 29 sitios y tres temporadas de muestreo (Aguilla, 2005).

Los Trichopteros, dominaron el grupo de macroinvertebrados, seguido de los Ephemeropteros, similar a lo reportado por Zuñiga (1993) en los ríos y quebradas de la cuenca del río Cauca y a lo encontrado por Figueroa (2003); la mayoría de las familias de estos órdenes se encuentran en aguas con niveles bajos de contaminación, sin embargo algunas pueden soportar perturbaciones ambientales moderadas como es el caso de las familias Baetidae, Leptohyphidae, Hidropsychidae y Glossosomatidae. También se encontró alto número de individuos de los órdenes Plecoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera y Odonata.

En la estación Pavas se obtuvo el valor más bajo del índice BMWP/Col y predominaron los individuos algo tolerantes a la contaminación, ya que las características del sitio según la teoría de ríos continuos Dobson y Frid (1998) corresponde a lugares con poca disponibilidad de hábitats para la vida de los insectos, especialmente en épocas secas. Y a pesar que no cambia de categoría en la temporada de lluvias los individuos dominantes fueron los sensibles, demostrando esto que el aumento del caudal acompañado de la protección del sitio, favoreció la disponibilidad de sustratos y por tanto la vida de los macroinvertebrados bentónicos. En la estación El Congal se colectaron en las dos épocas el mismo número de familias sensibles y algo tolerantes, conservando la estructura de la comunidad y el valor del índice. Contrario a esto en la estación La Floresta disminuyeron las familias sensibles y las algo tolerantes en la época de lluvias, causando la reducción del valor del índice y por lo tanto la categoría de calidad de agua, esta estación se caracteriza este lugar por la ausencia de protección en el sitio de muestreo, lo que desfavorece la vida de los insectos al permitir que el aumento del caudal acompañado de rápidos, inundaciones y cargas altas de sedimentos, arrastre los taxones presentes en los sustratos y limite las condiciones respiratorias de la fauna bentónica (Roldan 1998).

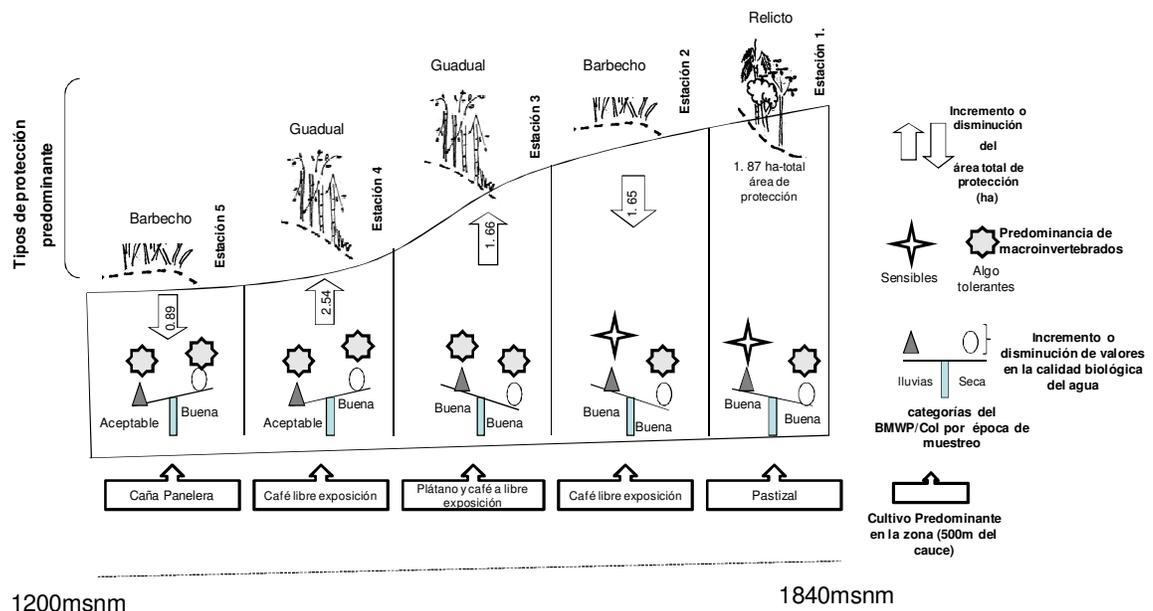
Se puede decir que en los cinco lugares estudiados en temporada de sequía se obtuvieron buenos valores de calidad biológica del agua y en la temporada de lluvias se observaron cambios de los valores del índice en las dos últimas estaciones (La Polonia y La Floresta), esto pudo relacionarse con la poca protección del cauce y la presencia de población humana en las últimas estaciones causando el aumento de la carga de sedimentos, la escorrentía y contaminación por las prácticas agrícolas en los cultivos aledaños (Chara, 2007). Ante el incremento de la materia orgánica en el agua proliferan los microorganismos encargados de la descomposición y disminuye el oxígeno disuelto al cual son sensibles la mayoría de macroinvertebrados. El incremento de compuestos inorgánicos se considera como uno de los principales causantes de la degradación de los ecosistemas acuáticos pues incrementa en

de los organismos fotosintéticos y cambia la estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, ya que las plantas acuáticas y el perifiton son un recurso alimenticio para muchos invertebrados (Camargo, 2005; Vitousek *et al.*, 1997).

En cuanto al valor más elevado del BMWP/Col. (Figura 10) se presentó en la zona con mayor área en barbecho pero con relictos de selva en el sitio de muestreo. Del mismo modo Auquilla (2005) en Costa Rica, encontró mejores condiciones biológicas en las estaciones ubicadas en sitios con bosques, posiblemente porque la vegetación retiene sedimentos, disminuyendo la concentración de coliformes fecales, sólidos suspendidos, nitratos y fósforo total. Por otro lado Roldán (2003) dice que en los bosques ribereños generalmente proporcionan ecosistemas con una diversidad de hábitat y sustratos propicios para el desarrollo de mayor número de macroinvertebrados, además el material vegetal y los procesos de descomposición que liberan nutrientes en forma lenta son necesarios para el desarrollo de la vida acuática.

Las estaciones La Polonia y La Floresta presentaron menor número de macroinvertebrados, pero no se encontró un gradiente secuencial de disminución de la fauna bentónica en la medida que se avanzó en la quebrada aguas abajo, caso contrario a lo encontrado por Figueroa (2003). También encontró que la disminución de la riqueza coincidía con la disminución de las familias sensibles, distinto a este estudio donde la disminución se evidenció en la temporada de lluvias en los lugares donde la protección inmediata fue distinta a relictos de selva. Por esto se reconoce un cambio en las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos relacionada con la temporada en la que se toma la muestra, los efectos del aumento en el caudal y los cambios en la turbiedad del agua asociados con las características del área de protección, como factores que intervienen en sus procesos respiratorios y de reproducción (Roldán, 1992; Auquilla, 2005).

La poca presencia de familias tolerantes a la contaminación en todas las estaciones, explica que la quebrada posee buenas concentraciones de oxígeno y pocas fuentes de contaminación orgánica, debido en gran parte a la localización de los sitios (parte alta y media de la microcuenca), permitiendo la oxigenación del agua por la presencia de corrientes en las dos temporadas. Contrario a esto en algunas quebradas monitoreadas en Norte América (Rothrock *et al.*, 1998) se ha encontrado gran número de individuos de familias pertenecientes a algunos Dípteros y Oligochaeta capaces de vivir por extensos periodos en aguas con pocas concentraciones de oxígeno y presencia de contaminantes orgánicos.



#### TENDENCIAS GENERALES

**Figura 22.** Tendencias encontradas en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y sus relaciones con el entorno (áreas de protección y cultivos predominantes en las zonas).

Las relaciones del sistema acuático con el entorno (áreas de protección y cultivos) en la quebrada los Ángeles del municipio de Alcalá, demostró que la calidad biológica del agua estuvo relacionada con la protección del sitio de muestreo, que actuó como moderador de la vulnerabilidad del ecosistema acuático, al disminuir o aumentar los efectos de las actividades productivas aledañas sobre las quebradas. Como es el caso de la estación dos, donde se presentó menor área total de protección, pero relicto de selva en el sitio de muestreo, distinto a la estación cuatro con la mayor área de protección pero desprotegida en el sitio.

Los macroinvertebrados encontrados en estos dos lugares, permitieron demostrar que son afectados por perturbaciones relacionadas con las actividades productivas, el aumento o disminución del caudal y del relicto de selva, en tramos cortos. También se evidenció la alteración de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, en los dos sitios con menor protección en la época de mayor caudal, contrario con lo observado en las estaciones con relicto de selva donde el aumento del caudal significó mayores hábitats disponibles para la vida de los insectos y otros macroinvertebrados sensibles a la contaminación (Figura 22). De aquí que se resalta la importancia de acompañar estos estudios con análisis físico-químicos, durante un intervalo de tiempo (antes y durante) de las colectas de macroinvertebrados y con estudios detallados de la capacidad de depuración de sistemas de protección (relictos de selva, guadales y barbechos).

En cuanto al método de estudio (BMWP/Col), la bioindicación de la calidad del agua consiste en la calificación de los sitios de muestreo a partir de la presencia ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos, sin tener en cuenta el número de individuos presentes en cada una de ellas. Por esta razón algunos autores resaltan la importancia de analizar la riqueza de cada familia como complemento de este método, porque es posible encontrar que una de ellas domine la estructura de la comunidad, y su ecología esté indicando aspectos importantes del ecosistema estudiado (Rueda, 1997). Otros autores (Stein et al 2007) afirman que la fauna bentónica, es las más usadas en el mundo para biomonitorizar los recursos hídricos, sin embargo afirma que la teoría y metodología para su estudio, no han sido suficientemente adaptadas a las especies tropicales.

Además el estudio de los macroinvertebrados como organismos indicadores de la calidad del agua, permite evaluar perturbaciones en los ecosistemas, pero no indica la causa específica que los está afectando (Figuroa, 2002), lo cual conduce a pensar en la importancia de acompañar estos estudios con análisis físico-químicos y las relaciones de los sistemas acuáticos con el entorno (socio-económicas, culturales y paisajísticas), como lo indica (Timm *et al.*, 2008) en su estudio donde demostró algunas relaciones de los macroinvertebrados con los efectos del hábitat; el tamaño de las quebradas, la velocidad de la corriente y su ubicación geográfica. A pesar de lo anterior, su fácil aplicación, bajo costo en la fase de recolección e identificación y la mirada retrospectiva de sus resultados convierten a la bioindicación en una herramienta válida para la gestión local, a partir del reconocimiento de la calidad del agua y las relaciones con el territorio con sus pobladores locales; en espacios como escuelas, colegios y grupos de interés ambiental rural y urbano (García (2004), Roldan (2003), Tercedor (1996) y Chará (2004)

## **5.2. Gestión colectiva del recurso hídrico**

Las propuestas colectivas fueron formuladas por los multiagentes desde el análisis y discusión de los problemas, causas y efectos en la microcuenca, lo cual condujo a la construcción de posibles acciones para la gestión desde lo local, teniendo en cuenta la historia del municipio, sus actividades económicas y sus pobladores.

En principio los lugareños de la microcuenca Los Ángeles explican los cambios en el paisaje desde los efectos de los incentivos y desestímulos de la economía cafetera sobre la producción agrícola y pecuaria en las veredas, como es el caso de transformaciones productivas, tales como el paso del café tradicional al tecnificado, la eliminación de las franjas de protección de la quebrada, de los huertos caseros y los potreros característicos de la zona y finalmente la sustitución del café por pastizales y zonas turísticas. De aquí que la visualización de la historia del paisaje, de la vida en el agua y de la información de las actividades desarrolladas en los predios cercanos, como información conocida por los pobladores locales, permite reconocer las razones de los cambios en el paisaje, desde las perspectivas de quienes viven en la microcuenca, aumentando la eficiencia a la hora de representar las preocupaciones locales y a su vez el diseño y contenido de propuestas como lo explica Sheil (2002).

Por lo tanto la construcción de soluciones apropiadas para las problemáticas relacionadas con el recurso hídrico, implican la integración de las diferencias entre los planificadores y los pobladores locales, trabajos como el realizado por Wagner (2005) compararon la comprensión técnica y la dinámica social entre el equipo planificador y los residentes, como base para la elaboración de estrategias de comunicación con el fin de mejorar la calidad del agua, a partir de los esfuerzos para estructurar los proyectos de planificación y la toma de decisiones locales. En la microcuenca Los Ángeles se encontraron diferencias entre las motivaciones de los pobladores locales, niños y las instituciones, demostrando la importancia de estrategias de comunicación para viabilizar el manejo del recurso hídrico desde la colectividad.

## 6. CONCLUSIONES

- Todas las estaciones obtuvieron valores de buena calidad de agua, menos La Polonia y La Floresta que cambiaron a aceptable en la temporada de lluvias; caracterizándose por la ausencia de cobertura de protección en el lugar de muestreo y sistemas de cultivos limpios alrededor.
- El índice BMWP no tiene en cuenta la riqueza de las familias para evaluar la calidad del agua, por lo tanto la estructura de la comunidad no es tomada en cuenta. En Los Ángeles se encontró que algunos lugares con rangos de buena calidad se encontraban dominados por familias algo tolerantes, mientras las sensibles eran pocas pero significaban un puntaje alto dentro del índice.
- La calidad biológica del agua varió en estaciones con protección diferente a relictos de selva, mostrando que los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a cambios en los sistemas de protección inmediatos a los sitios de muestreo.
- En lluvias los organismos sensibles predominaron las comunidades de lugares protegidos por relictos de selva y disminuyeron en sitios con otros tipos de protección; porque generalmente se diversifican o simplifican los hábitats disponibles, la vegetación retiene sedimentos, disminuye la concentración de coliformes fecales, sólidos suspendidos, nitratos y fósforo total provenientes de los sistemas de cultivo aledaños.
- Los actores de la microcuenca reconocieron los cambios en el paisaje a través de la historia y lo relacionaron con el estado del recurso hídrico, permitiendo conocer las razones de la transformación desde la perspectiva de los lugareños.
- Existen diferencias entre las motivaciones de los actores de la microcuenca, lo que dificulta el acuerdo de los objetivos para el mejoramiento del sistema territorial, y muestra la necesidad de una estrategia de comunicación permanente para el manejo del recurso hídrico que involucre el colectivo local.
- El conocimiento de los actores locales relacionado con el territorio y los recursos naturales es indispensable para la construcción de propuestas de gestión ambiental.

## 7. RECOMENDACIONES

- La construcción de una red nacional de estudios de biodiversidad acuática, es importante para apoyar instituciones, escuelas, o entidades interesadas en fortalecer diagnósticos de calidad de agua, a partir de un grupo de trabajo que pueda desarrollar mecanismos y metodologías para trabajar con distintos actores del territorio desde la comunidad académica hasta las comunidades escolares, de agricultores o empleados institucionales.
- El nivel taxonómico de los inventarios deben ser mejorados hasta nivel de especie con nuevos estudios, permitiendo la construcción de los registros nacionales e información relacionada con estos individuos.
- La construcción de una base de datos con la información de los usos del terreno aledaños, permitiría zonificar las posibles problemáticas y potencialidades de la microcuenca.
- La gestión del recurso hídrico debe ser fortalecida con la participación activa de actores de la comunidad local, como agricultores, pescadores, niños e instituciones que reconocen el territorio y los macroinvertebrados acuáticos, y pueden convertirse en apoyo para monitorear la calidad del agua mediante métodos de fácil aplicación.
- Las propuestas de los lugareños están contextualizadas con la realidad territorial y la historia local, por lo tanto es viable concertar con ellos las acciones para la gestión ambiental, de manera que se generen iniciativas de manejo y conservación en las fincas y zonas aledañas a la microcuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

Arias, C; Hincapié, D. Evaluación de los Ingresos, empleo, diversidad y Captura de carbono, en algunas fincas de la cuenca del río la vieja. Tesis de grado (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2006

Aquilla, R. Usos del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con ecosistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. Tesis Mag. Sc Tirrialba, Costa Rica. CATIE 2005

Camargo, A. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. Ecosistemas departamento de ecología, Universidad de Alcalá, España. 2005.

Carvajal, A. F. Relación del carbono y nitrógeno del suelo con usos y coberturas del terreno en Alcalá Valle del Cauca. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. 2008.

Chará, J. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Fundación centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles Agropecuarios. CIPAV, Cali. 2004.

Chará J., Pedraza G., Giraldo L., Hincapié D. Efectos de los Corredores Ribereños sobre el estado de Quebradas en la Zona Ganadera del Río la Vieja, Colombia. Revista Agroforestería de las Ameritas. 45p. 2007.

Cumbre de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. Declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo, 13 al 14 de junio. Río de Janeiro. 1992.

Dobson, M., Frid C. Ecology of aquatic systems. Addison Wesley Singapore. Longman.1998

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ. 2006. Anuario Meteorológico Cafetero 2004. Chinchiná, Colombia. 554p.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ. 2007. Anuario Meteorológico Cafetero 2005. Chinchiná, Colombia. 550p.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ. 2008. Anuario Meteorológico Cafetero 2006. Chinchiná, Colombia. 564p.

- Figueroa, R. 1998. Calidad de agua y macroinvertebrados bentónicos: Río Damas, Osorno, un caso de estudio. Seminario Experimental Magister en Ciencias Zoología Universidad de Concepción, Concepción Chile. 1998.
- Figueroa, R. Araya O., Valdovinos, C. et al. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua. Centro de ciencias Ambientales, EULA-Chile. Universidad la Concepción. 2002
- García, L. Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, Subcuenca del Río Tascalapa Yoro, Honduras. Tesis MSc., CATIE, Turrialba Costa Rica. 2003
- García, L. Modulo: Monitoreo de la calidad del agua en cursos de agua (Ríos y Arroyos). Proyecto en alianza con UNA, INTA, CARE y CIAT. Nicaragua Centro América, 2004.
- Gutiérrez, E. y Monsalve, A. M. Gestión de los recursos hídricos en predios rurales del municipio de Alcalá. Trabajo de grado Administrador del Medio Ambiente. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia 2007.
- Harris R. F. y Bezdicek D. F. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil science society of America. 1994.
- IGAC-GTZ., Guía simplificada para la elaboración del pan de ordenamiento territorial municipal. Convenio IGAC-Proyecto CHECUA-CAR-GTZ-KFW. Santafé de Bogotá.1998
- Kiersch, B. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. Impacto del Uso de la Tierra sobre Los Recursos hídricos, Una revisión Bibliográfica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 2000.
- Murgueitio, E.; Calle, Z. Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. 1999.
- Murgueitio, E. Impacto ambiental de la ganadería de leche y alternativas de solución. En: Seminario internacional de colanta: Competitividad en carne y leche. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali. 2002.
- Ulloa, A. La fauna silvestre colombiana: una historia económica y social de un proceso de marginalización, Colombia. 1996.
- RDS (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia). Comunidad gestión ambiental. 2001. disponible en: <http://www.rds.org.co/gestion/>.
- Roldan, G. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín, Universidad de Antioquia, 1992.
- Roldan, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. 1998

- Roldan, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. uso del Método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. 2003.
- Rueda, J. Biodiversidad, Calidad biológica y caracterización de las aguas del río Magro, Valencia. 1997.
- Rothrock, J., Barten, P., Ingaman, G. Land use and aquatic biointegrity in the blackfoot river watershed, Montana. Journal of the American water resources association. Vol 34 N° 3. 1998.
- Rodríguez, J. Ospina, R. Gutiérrez, J. Ovalle, H. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá Colombia). *Caldasia* vol. 29 no. 2. 2007.
- Sheil, D., Puri, R., Basuki, I., van Heist, M., Wan, M., Liswanti, N., Rukmiyati., Sardjono, M., Samsudin, I., Sidiyasa, K., Chisandini., Permana, E., Angi, E., Gatzweiler, F., Johnson, B., Wijaya, A. Explorando la biodiversidad, el medio Ambiente y las perspectivas de los pobladores en áreas Boscosas. Métodos de valoración Multidisciplinaria del Paisaje. SMK Grafika Desa Putera, Indonesia. 2003.
- Stein, H., Springer, M., Kohlmann, B. Comparison of two sampling methods for biomonitoring using aquatic macroinvertebrates in the Dos Novillos river, Costa Rica. *Ecological engineering*. 2007.
- Tercedor, A. Macroinvertebrados acuáticos y calidad del las aguas. IV simposio de Agua, Andalucía. Universidad de Granada. vol 1. pag 203-213. 1996.
- Timm, H., Mardi, K., Möls T. Macroinvertebrate in Estonian streams: the effect of habitat, season, and sampling effort on some common metrics of biological quality. Centre for Limnology, Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences, 61101 Rannu, Tartumaa, Estonia. 2008
- Velez, L., Ordenación territorial y fragmentación del paisaje, perspectivas para la integridad ecológica. *Gestión y ambiente*. Vol 4 numero 1. Universidad Nacional. Medellín. 2001.
- Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., Schlesinger, W. H. y Tilman, D. G. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*. Pag 737-750. 1997.
- Ortega, R.; Rodríguez I. Manual de gestión del medio ambiente. Ed. Madfre. Madrid 1994.
- Perry, J y Vanderklein, E. Water Quality: management of natural resources. Blackwell Science. 1996.
- Wagner, M. Watershed-scale social assessment. *Journal soil and water conservation*. Pag 177-186. 2005.

Zúñiga, M., Feijoo A. Trayectorias de los sistemas campesinos de cría en un área del piedemonte de Alcalá, Valle del Cauca, 2003.

Zúñiga, M. Diagnóstico general de la calidad del agua en la cuenca del río Guadalajara. Alcaldía Municipal de Buga, Buga, 1990.

Zuñiga, M., Rojas M., Caicedo G. Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del rio cauca. Cali 1993

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydradidae, Lampyridae, Lymnesiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullaridae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyolociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hidrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Clopterygidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaleliidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesovelidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphomidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

**ANEXO 2. Clases de calidad de agua. Valores BMWP/Col significado y colores para representación cartográfica.**

<b>Clases</b>	<b>Calidad</b>	<b>BMWP/Col</b>	<b>Significado</b>	<b>Colores</b>
I	Buena	101, 120-150	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	Menores de 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**ANEXO 3. Formato 1 para el taller de intercambio con los pobladores locales**

Quienes viven	Suelo	Cultivos	Protección		1998
					1999
					2000
					2001
					2002
					2003
					2004
					2005
					2006
					2007
	2008				

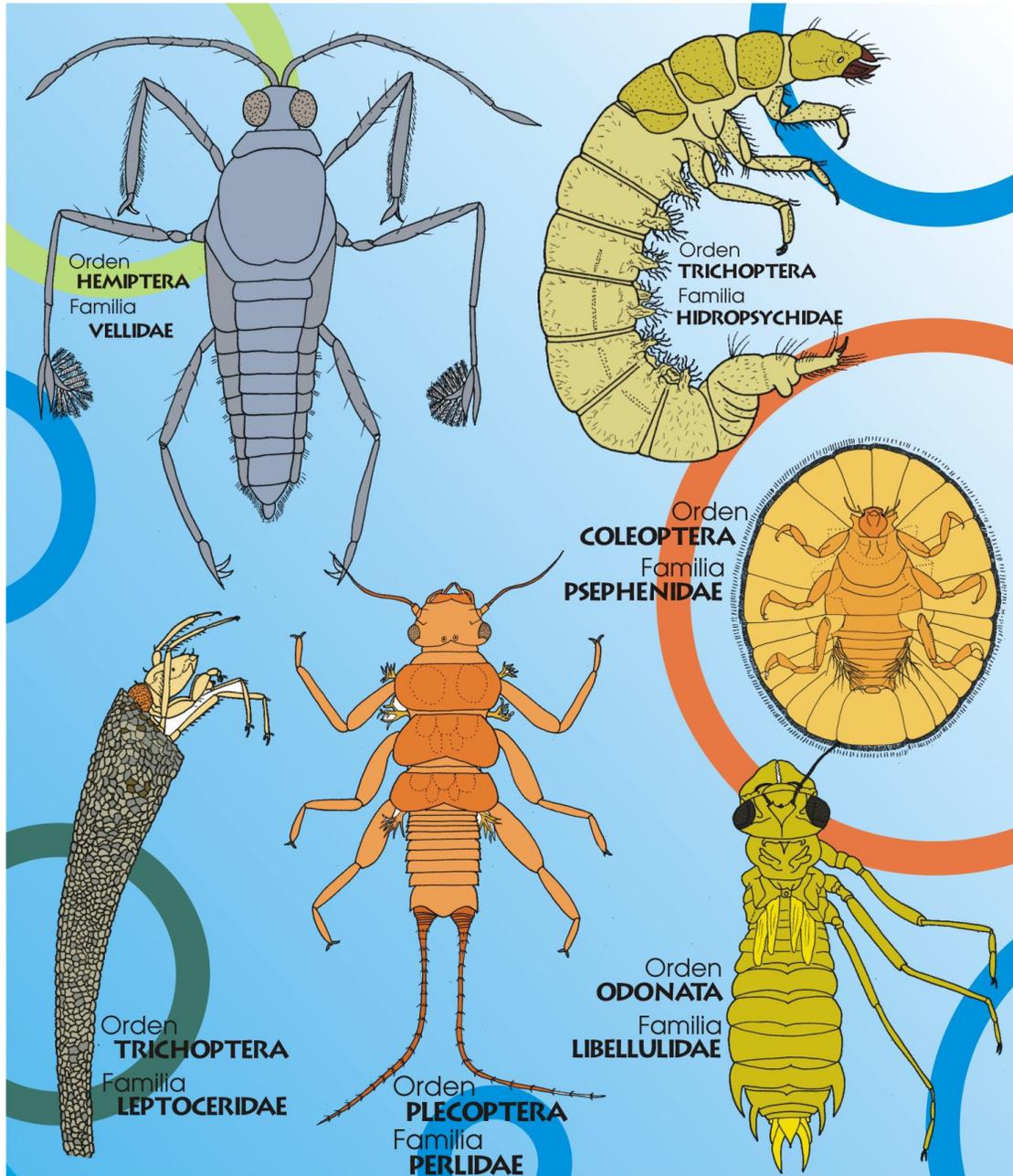
Cauce o corriente	Animales				1998
					1999
					2000
					2001
					2002
					2003
					2004
					2005
					2006
					2007
			2008		

**ANEXO 4.** Formato 2 para el taller de intercambio con los pobladores locales

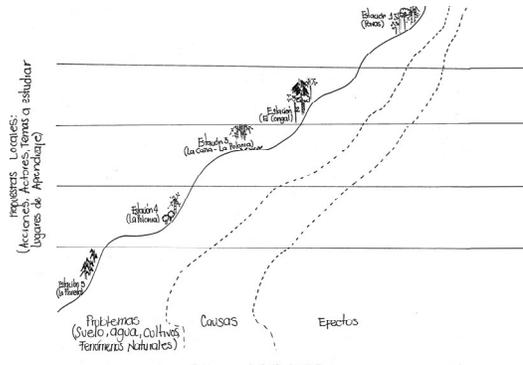
	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Alimento				
Producción				
Para consumo humano				
Animales de pesca				
Enfermedades				
Se produce agua o se cuida				
Se purifica el agua				
Recreación				
Belleza				
Investigación o estudio				
Mitos y leyendas				

ANEXO 5. Macroinvertebrados acuáticos de la quebrada los Ángeles.

# MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LOS ANGELES - ALCALÁ (VALLE)



## ANEXO 6. Formato 3 para el taller de intercambio con los pobladores locales



	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Problemas				
Causas				
Efectos				
Propuestas locales				

## ANEXO 8. Inventarios de grupos faunísticos

### Grupos faunísticos de la estación Pavas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae
			Leptohyphidae
			Baetidae
		Odonata	Calopterigidae
			Megapodagrionidae
		Trichoptera	Hidropsychidae
			Philopotamidae
			Hidrobiosidae
		Diptera	Simuliidae
			Ortorraphanematocera
			Tipulidae
			Chironomidae
		Coleoptera	Elmidae
Ptilodactylidae			
Hemiptera	Garromorpha Veliidae		
Plecoptera	Perlidae		
Crustacea	Amphipoda	Hyalellidea	
Platyhelminthes	Turbelaria	Tricladida	Planarridae
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae

Grupos faunísticos de la estación El Congal.

Phylum	Clase	Orden	Familia	
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae Leptohyphidae Oligoneuriidae	
		Diptera	Simuliidae Chironomidae Empididae	
		Coleoptera	Ptilodactylidae Elmidae	
		Hemiptera	Garromorpha Veliidae Neucoridae limnocoris	
		Trichoptera	Hidropsychidae Leptoceridae Hidrobiosidae	
		Odonata	Calopterygidae Coenagrionidae Gomphidae Anisoptera Libelulidae	
		Megaloptera	Corydalidae	
		Crustacea	Decapoda	Pseudothelpusidae
		Platyhelminthes Annelida	Turbelaria oligochaeta	tricladida

Grupos faunísticos de la estación La Caña.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Arthropoda	Insecta	Odonata	Calopterygidae
			Gomphidae
			Libellulidae
		Hemiptera	Naucoridae
			Gerromorfa Veliidae
		Trichoptera	Hydropsychidae
			Leptoceridae
			Hydrobiosidae
			Philopotamidae
		Plecoptera	Perlidae
Coleoptera	Elmidae		
	Psephenidae		
Diptera	Chironomidae		
	Simuliidae		
Ephemeroptera	Baetidae		
	Leptohyphidae		
	Arachoidea	Acari	Limnesiidae
Platyhelminthes	Turbelaria	Tricladida	Planariidae

Grupos faunísticos de la estación La Polonia.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Annelida	Oligocheta		
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae Leptohyphidae
		Coleoptera	Ptilodactylidae Psephenidae Elmidae
		Trichoptera	Glossosomatidae Hidropsychidae Helicopsychidae Hydrobiosidae
		Hemiptera	Gerromorpha Veliidae
		Plecoptera	Perlidae
		Odonata	Gomphydae Libellulidae
		Megaloptera	Corydalidae
Mollusca	Gastropoda	Pulmonara	

Grupos faunísticos de la estación La Floresta.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Arthropoda	Insecta	Megaloptera	Corydalidae
		Odonata	Libellulidae
			Coenagrionidae
			Gomphidae
			Calopterygidae
		Trichoptera	Hidropsychidae
			Leptoceridae
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae
			Leptohyphidae
			Baetidae
Oligoneuridae			
Plecoptera	Perlidae		
Coleoptera	Elmidae		
	Ptilodactylidae		
	Psephenidae		
Diptera	Simuliidae		
Hemiptera	Gerromorpha Vellidae		
Annelida	Oligochaeta		

**ANEXO 9.** Clases de calidad del agua, valores BMWP/col. Primera jornada en las cinco estaciones de muestreo.

<b>J1P 1 (Pavas)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>15</b>	<b>4</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>104</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>J1P2 (El congal)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>22</b>	<b>4</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>158</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>J1P 3 (La Polonia –La Caña)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>18</b>	<b>3</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>138</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>P1J 4 (La Polonia -Baja)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>17</b>	<b>2</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>125</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>J1P5 (La Floresta)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>18</b>	<b>3</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>137</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>

Clases de calidad del agua, valores BMWP/col. Segunda jornada en las cinco estaciones de muestreo

<b>J2P 1 (Pavas)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>14</b>	<b>3</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>106</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>J2P2 (El congal)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>21</b>	<b>4</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>160</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>J2P 3 (La Polonia –La Caña)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>18</b>	<b>2</b>	<b>I</b>	<b>Buena</b>	<b>141</b>	<b>Aguas muy limpias a limpias</b>	<b>Azul</b>
<b>P2J 4 (La Polonia -Baja)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>12</b>	<b>2</b>	<b>II</b>	<b>Aceptable</b>	<b>95</b>	<b>Aguas ligeramente contaminadas</b>	<b>Verde</b>
<b>J1P5 (La Floresta)</b>						
<b>N° familias</b>	<b>N° hábitat muestreados</b>	<b>clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Puntaje BMWP</b>	<b>significado</b>	<b>Semáforo</b>
<b>10</b>	<b>2</b>	<b>II</b>	<b>Aceptable</b>	<b>69</b>	<b>Aguas ligeramente contaminadas</b>	<b>Verde</b>