

VARIACIONES ESPACIALES EN LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
ACUATICOS DE LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS EN DOS EPOCAS
CON DIFERENTE REGIMEN CLIMATICO EN EL MUNICIPIO DE ISNOS
DEPARTAMENTO DEL HUILA.

BELVA MIRENA CUELLAR TORRES



UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS

LINEA DE INVESTIGACION EN BIOSISTEMAS INTEGRADOS

MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

PITALITO –HUILA

2015

VARIACIONES ESPACIALES EN LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
ACUATICOS DE LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS EN DOS EPOCAS
CON DIFERENTE REGIMEN CLIMATICO EN EL MUNICIPIO DE ISNOS
DEPARTAMENTO DEL HUILA.

BELVA MIRENA CUELLAR TORRES

Proyecto presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Desarrollo
Sostenible y Medio Ambiente

Director (a):
Msc. Carlos Arturo Granada Torres

Línea de Investigación:
Biosistemas Integrados

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
LINEA DE INVESTIGACION EN BIOSISTEMAS INTEGRADOS
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
PITALITO –HUILA

2015

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional; por ser mi más grande y mejor compañía incondicional, por permitirme hacer realidad otro de mis sueños, y poderlo compartirlo con las personas que más amo en mi vida.

A mis padres que me han dado la existencia; y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

BELVA MIRENA CUELLAR TORRES

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y ser quien me ilumina cada día para cumplir con mis metas.

Quisiera agradecer a todos aquellos que me han apoyado durante este proceso de dos años, tanto profesional como personalmente, y que han sido parte muy importante en esta experiencia.

A mi Director, el Doctor Carlos Arturo Granada Torres, quien me inspira una enorme admiración profesional. Por su constante apoyo, acompañamiento, e interés en el desarrollo de este trabajo; y sobre todo en los momentos más difíciles.

A mis padres y mi hermana porque siempre me han apoyado en todos mis desafíos; y a toda mi familia, por el apoyo, colaboración y buenos consejos que me motivaron a culminar con mis estudios y a realizar esta investigación.

A mis jurados, por la revisión y correcciones al documento final.

A la Universidad de Manizales, y a la Universidad de la Amazonía por facilitarme los materiales y espacios necesarios para el desarrollo de este proyecto.

.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó con el propósito de identificar las variaciones espaciales en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de las quebradas Helechuzal y Banderas en dos épocas con diferente régimen climático en el municipio de Isnos Departamento del Huila; con el fin de conocer el efecto evidente en la reducción del caudal y de la cobertura vegetal, que se ha dado con el transcurso de los años en estas fuentes hídricas, que son de vital importancia para el municipio ya que surten el acueducto Regional de Isnos abasteciendo el casco urbano, y a nivel rural.

En cada quebrada se seleccionaron tres puntos de muestreo distribuidos en un tramo de 100 metros, localizados en la parte alta, media y baja de la Microcuenca; el criterio tenido en cuenta para la selección de los sitios de muestreo fue la presencia de áreas de colonización, sectores con mayor aporte de materia orgánica y zonas con procesos de erosión acelerada.

Las muestras de macroinvertebrados se colectaron en el centro y margen de cada estación en un área de 1 m² con una red surber en contra corriente, expuesta durante 10 minutos con el propósito de impedir la colmatación de la red; además también se colectaron organismos presentes en diferentes cariotipos determinados por el sustrato (grava, hojarasca, y sedimentos del fondo que componían el lecho fluvial de cada tramo estudiado). De igual manera se realizaron las mediciones de caudal por el método del flotador.

Los especímenes colectados fueron llevados al laboratorio de Biología de la Universidad de la Amazonia, para realizar el debido procesamiento de los individuos hasta el nivel de género.

Durante los muestreos se colectaron en total 875 organismos, distribuidos en 11 Ordenes, y 20 familias; La mayor abundancia estuvo representada por las familias *Hydropsychidae*, *Ptylodactylidae*, etc. A Todos los datos obtenidos se les hizo un análisis estadístico con ANOVA multifactorial, para determinar las diferencias significativas entre abundancia, riqueza, y familias con respecto a las quebradas y a la época.

Palabras Claves: Abundancia, Acuáticos, Colmatación, Espaciales, Macroinvertebrados, orgánica.

ABSTRACT

This research was conducted in order to identify the spatial variations in the community of aquatic macroinvertebrates of Helechuzal and Banderas broken in two seasons with different climate regime in the town of Isnos Department of Huila; in order to meet the obvious effect in reducing the flow and vegetation cover, which has found over the years in these water sources, which are of vital importance for the municipality and that supply the aqueduct Regional Isnos supplying the village, and rural level.

In each broken three sampling points distributed on a stretch of 100 meters, located in the upper, middle and lower part of the watershed were selected; the criteria taken into account in the selection of the sampling sites was the presence of settlement areas, sectors with greater input of organic matter and areas with accelerated erosion processes.

Macroinvertebrate samples were collected at the center and edge of each plant over an area of 1 m² with a counter current network Surber, exposed for 10 minutes in order to prevent clogging of the network; addition organisms were also collected in different karyotypes determined by the substrate (gravel, leaves, and bottom sediments making up the riverbed of each section studied). Similarly flow measurements were made by the float method.

The collected specimens were taken to the laboratory of Biology of the University of Amazonia, for due process of individuals to the genus level.

During the samplings were collected 875 bodies in total, spread over 11 Ordenes, and 20 families; The highest abundance was represented by families Hydropsychidae, Ptylodactylidae, etc.

Keywords: Abundance, Water, silting, Space, macroinvertebrates, organic.

TABLA DE CONTENIDO

1.CONTEXTO DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACION	19
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
4. PREGUNTA DE INVESTIGACION.....	23
4.1 HIPOTESIS DE TRABAJO.....	23
5. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	24
5.1 ESTUDIOS DE MACROINVERTEBRADOS	24
5.2 ESTUDIOS EN AMÉRICA LATINA	25
5.3 ESTUDIOS REALIZADOS EN COLOMBIA.....	26
5.4 CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA	28
6. FUNDAMENTACION TEORICA	29
6.2 GENERALIDADES DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	30
6.3 RESPUESTA DE LOS MACROINVERTEBRADOS A LA CONTAMINACIÓN	31
6.4 FACTORES QUE INTERVIENEN SOBRE LA MACROFAUNA.....	32
6.5 FUENTE DE ENERGÍA EN SISTEMAS ACUÁTICOS	33
6.6 ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA ANÁLISIS DE COMUNIDADES	33
7. MARCO REFERENCIAL.....	35
7.1 INTERVENCIONES	35
7.2 CAUDAL ECOLÓGICO	36
7.3 COBERTURA VEGETAL	37

7.4 SISTEMAS LOTICOS.....	38
7.5 LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS, COMO BIOSISTEMAS INTEGRADOS Y SU RELACION CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	38
7.6 IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	41
7.7 IMPORTANCIA DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS REDES TROFICAS	41
8. METODOLOGIA.....	46
8.1 AREA DE ESTUDIO.....	46
8.2 DESCRIPCION DE LAS MICROCUENCAS.....	46
8.3 USOS DEL SUELO.....	47
8.4 SELECCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	48
8.5 MEDICION DEL CAUDAL POR METODO DE FLOTADOR.....	51
8.5.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	51
8.5.2 SELECCION DEL LUGAR ADECUADO.....	52
8.5.3 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD.....	52
8.5.4 MEDICIÓN DEL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL RÍO.....	53
8.5.5 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL RÍO.....	54
8.5.6 RESULTADOS DEL PROCESO DE MONITOREO.....	55
8.6 MUESTREO DE MACROINVERTERADOS BENTONICOS.....	58
8.6.1 COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.....	58
8.6.2. SEPARACION, ALMACENAMIENTO, E IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.....	59
8.6.3 PROCESAMIENTO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.....	60
8.6.4 MATERIALES Y EQUIPOS.....	62
8.6.5 ANALISIS DE LA INFORMACION.....	62
9. RESULTADOS.....	63
9.1ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.....	73

9.2 ABUNDANCIA DE TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	75
9.3 ABUNDANCIA DE TAXONES POR GRUPO DIETARIO.....	77
10. DISCUSION DE RESULTADOS.....	81
11. CONCLUSIONES.....	86
12. RECOMENDACIONES.....	88
13. ANEXOS.....	89
Anexo A. Cobertura vegetal presente en la quebrada Helechuzal y el Banderas.....	89
Anexo B. Muestreo de Macroinvertebrados.....	91
Anexo C. Mediciones de Caudal.....	93
Anexo D.....	95
Registro fotográfico de macroinvertebrados colectados en las Quebradas Helechuzal y Banderas. Noviembre-diciembre de 2014.....	95
14. BIBLIOGRAFIA.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. ESTRUCTURA REPRESENTATIVA DEL CONTINUO DEL RIO.....	45
Figura 2. LOCALIZACIÓN, MUNICIPAL, Y LOCAL DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.....	47
Figura 3. PARTE ALTA DE LA QUEBRADA BANDERA.....	47
Figura 4. PARTE MEDIA DE LA QUEBRADA BANDERAS	49
Figura 5. AREA DE MUESTREO EN LA PARTE ALTA DE LA QUEBRADA HELECHUZAL.	50
Figura 6. MEDICION DE CAUDAL EN LA QUEBRADA BANDERAS.....	51
Figura 7. ESQUEMA PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD.....	52
Figura 8. ESQUEMA DE LA MEDICIÓN DEL ANCHO DEL RIO.	54
Figura 9. ESQUEMA DE LA MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DEL RIO.	54
Figura 10. COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS	58
Figura 11. SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	59
Figura 12. MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS DEBIDAMENTE ROTULADAS .	60
Figura 13. MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL	61
Figura 14. PECES ENCONTRADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL.....	61
Figura 15. VARIACIONES DE CAUDAL EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS	63
Figura 16. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS, EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS EN LAS EPOCAS DE VERANO Y LLUVIAS.	73
Figura 17. ABUNDANCIA DE FAMILIAS ENCONTRADAS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL.	74
Figura 18. ABUNDANCIA DE FAMILIAS ENCONTRADAS EN LA QUEBRADA BANDERAS	75

Figura 19. FAMILIAS MÁS PREDOMINANTES EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS 76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.USOS DEL SUELO.....	48
Tabla 2. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS	49
Tabla 3.CALCULO DEL AREA DE LA SECCION	55
Tabla 4.CALCULO DE LA VELOCIDAD (S).....	56
Tabla 5.ESQUEMA DEL ROTULO PARA LA IDENTIFICACION DE LOS MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS.	59
Tabla 6. PROMEDIO DEL CAUDAL EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.	63
Tabla 7. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE VERANO (SEPTIEMBRE 26 DE 2014).....	64
Tabla 8.COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE VERANO (NOVIEMBRE, 23 DE 2014).....	65
Tabla 9. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE TRANSICION DE VERANO A LLUVIAS (NOVIEMBRE, 30 DE 2014).....	66
Tabla 10. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EN LA PRIMERA EPOCA DE LLUVIAS (DICIEMBRE, 12 DE 2014).....	67
Tabla 11. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE VERANO (SEPTIEMBRE 26 DE 2014).....	68
Tabla 12. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE VERANO (NOVIEMBRE, 23 DE 2014).....	69
Tabla 13. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE TRANSICION DE VERANO A LLUVIAS (NOVIEMBRE, 30 DE 2014).....	70
Tabla 15.ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS, Y MEDICION DEL PROMEDIO DEL CAUDAL, EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS	72
Tabla 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RIQUEZA.....	76
Tabla 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ABUNDANCIA.....	77

Tabla 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FAMILIA.....	78
Tabla19. CLASIFICACION EN GRUPOS DIETARIOS DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.....	80

INTRODUCCION

Partimos de que la existencia de los seres vivos no puede comprenderse de forma aislada, sino por sus relaciones con los otros organismos de la misma y de distinta especie, y por su adaptación al medio físico circundante, lo que nos lleva al concepto de ecosistema el cual fue definido en 1935 por Tansley, citado por Odum & Sarmiento (1998.).

A su vez los ecosistemas son biosistemas integrados que están conformados por elementos entre los cuales están los seres vivos, organizados en diferentes niveles jerárquicos. Estos biosistemas integrados son aplicados a la agricultura, silvicultura, acuicultura, para la producción de alimentos, protección del medio del ambiente y tratamiento de residuos sólidos.

El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales; y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos.

Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales, se destacan los macroinvertebrados bentónicos, ya que conforman la comunidad animal más importante en términos de diversidad y abundancia en los cuerpos de agua corriente; donde desempeñan un papel relevante en el reciclaje de nutrientes y flujo de energía Gong, Xie & Wang (2000). Por ello, se consideran actualmente como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido a su tamaño, a su amplia distribución y a su adaptación a diferentes variables.

Estos organismos son fundamentales en las cadenas tróficas, ya que sirven como alimento a peces, y aves; y de esta manera aportan biodiversidad en los ecosistemas permitiendo así el desarrollo sostenible de la vida en aguas dulces; resaltando que el desarrollo sostenible es el equilibrio social, ambiental, y económico de una región; y que cuya meta, debe ser la de

conciliar el crecimiento económico para la población en general, presente y futura con la renovabilidad y manejo de los recursos naturales.

Las comunidades de macroinvertebrados pueden variar en el tiempo y el espacio, pues su diversidad se relaciona con la concentración de nutrientes y productividad del ecosistema, teniendo mayor diversidad los sitios asociados con buena calidad del agua Rosenberg & Resh (1993).

Durante los últimos años se han incrementado los trabajos dedicados a observar la influencia que tienen las variables tanto bióticas como abióticas sobre la organización de las comunidades de macroinvertebrados de los sistemas fluviales Hawkins & Sedell (1981); (Hart, 1983); (Outridge, 1988); (Resh *et al.* 1988); (Rosillon, 1989); (Townsend, 1989); (Peckarsky *et al.* 1990); (Richardson, 1991); (Ward, 1992).

Una de las teorías, compartidas o no, que ha suscitado gran número de trabajos ha sido la del River Continuum de (Vannote *et al.* 1980), según la cual, en los sistemas fluviales se establece un gradiente continuo de condiciones y de recursos desde los tramos de cabecera hasta la desembocadura, que determinan la estructura de las comunidades de macroinvertebrados del bentos fluvial. Según (Cummins, 1974); Merrit & Cummins, (1978); los macroinvertebrados se clasifican en grupos funcionales según su modo de alimentación. Estos organismos pueden asignarse a seis categorías tróficas: fragmentadores, que procesan principalmente la materia orgánica particulada gruesa, en forma de hojarasca; filtradores, que filtran la materia orgánica particulada fina, suspendida en el agua; recolectores que recogen la MOPF del sedimento; raspadores del sustrato, con adaptaciones morfológicas y etológicas para raspar el alimento adherido a superficies, particularmente perifiton; depredadores, adaptados para la captura de presas vivas, y generalistas.

De acuerdo a lo anterior el municipio de Isnos, cuenta con una gran diversidad de paisajes, y reservas hídricas que van cambiando a través de su transcurso aguas abajo, y que por ende se van modificando u alterando la estructura, variación espacial y función de las comunidades de macroinvertebrados que se encuentran a lo largo de estas fuentes hídricas. De igual manera es preocupante la disminución del caudal y de la cobertura vegetal, de las quebradas Helechuzal, y Banderas como fuentes abastecedoras del acueducto Regional Isnos.

El estudio propuesto en este trabajo, tiene como objetivo identificar las variaciones espaciales en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de las quebradas Helechuzal y Banderas en dos épocas con diferente régimen climático en el municipio de Isnos departamento del Huila.

1. CONTEXTO DEL PROBLEMA

De manera general, no podemos comparar los seres vivos que encontramos en diferentes tipos de ríos, puesto que cada uno de ellos presenta, de manera natural, unas condiciones óptimas para la presencia de unas especies u otras. En los ríos, las condiciones de oxigenación, temperatura, tipo de sustrato o grado de insolación existentes entre tramos de cabecera y tramos bajos serán profundamente diferentes, debido a aspectos como la climatología, pendiente del terreno o anchura del cauce.

En este sentido, en los tramos de cabecera aparecerán taxones adaptados a elevadas concentraciones de oxígeno, elevada velocidad de corriente, sustrato de gran tamaño o baja temperatura, mientras que en los cursos bajos existirán taxones adaptados a condiciones inversas. Estas diferencias entre ríos con diferentes características son lo que llamamos tipologías y han de ser tenidas en cuenta en los índices bióticos aplicados en temas de gestión de aguas. En estos casos, las comunidades de macroinvertebrados de cada río se comparan con unas comunidades de ríos de la misma tipología que no presenten presiones de origen antrópico, que son utilizadas como condiciones de referencia.

Es por ende que los macroinvertebrados, tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas; de acuerdo a esto es de resaltar que también juegan un papel muy importante en la variación espacial y la caracterización de los ecosistemas fluviales.

De acuerdo a lo anterior el municipio de Isnos, cuenta con una gran diversidad de paisajes, y reservas hídricas que van cambiando a través de su trascurso aguas abajo, y que por ende se van modificando u alterando la estructura, variación espacial y función de las comunidades de macroinvertebrados que se encuentran a lo largo de estas fuentes hídricas. De igual manera es preocupante la disminución del caudal de las quebradas Helechuzal, y Banderas como fuentes abastecedoras del acueducto Regional Isnos; lo cual según datos de seguimiento han reducido en un 40% su caudal. Siendo estas, unas de las principales microcuencas utilizadas para el consumo, abastecimiento y sostenimiento de la población, del municipio de Isnos – Huila.

El deterioro de la cobertura vegetal es un problema en la reducción del caudal y en la alteración del hábitat de muchos organismos acuáticos; Ya que gran parte de nuestras actividades dependen del agua, por lo tanto debemos considerarla un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro.

Del mismo modo, otros aspectos que inciden en la reducción del caudal de las Quebradas Helechuzal y Banderas, son las malas prácticas culturales realizadas en las áreas de las microcuencas que han dejado desprotegidos los suelos, los cuales quedan expuestos directamente a los rayos solares, ocasionando un proceso denominado translocación de la materia orgánica (endurecimiento de la capa superficial) que no deja penetrar el agua e impide la recarga de los acuíferos (Plan de desarrollo 2012-2015).

Además, hasta el momento no se han tomado medidas correctivas por parte de la comunidad, ni de las autoridades encargadas de la conservación y manejo del recurso hídrico, para evitar su deterioro.

Hasta la actualidad no se han realizado estudios que indiquen la presencia, ausencia, variación espacial o caracterización de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos.

2. JUSTIFICACION

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta; de ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas ONU (1992).

El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos Norris & Hawkins (2000). Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales, se destacan los macroinvertebrados bentónicos, debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, Rosenberg & Resh (1993) se destacan: (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y (d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo; (e) La sensibilidad bien conocida de muchos taxas a diferentes tipos de contaminación; (f) los ciclos de vida largos en algunas especies, lo que permite integrar los efectos de la contaminación en el tiempo (Bonada *et al.*2006)

Los ecosistemas acuáticos continentales, lóticos y lénticos, más que ningún otro ecosistema, son los que han sufrido más los impactos causados por la actividad humana en las últimas décadas. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez más creciente tienen como destino final los ríos y en último término, el mar. Por ello, el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, tiene cada vez más aceptación entre los ecólogos y es uno de los métodos usados en la evaluación de los impactos ambientales causados por el desarrollo de la ingeniería moderna (represas, minas, carreteras y otros), que en alguna forma van a afectar los ecosistemas acuáticos (Roldán, 1988).

En el departamento del Huila, el conocimiento de la fauna bentónica es de gran importancia para conocer la riqueza y potencialidad de los recursos hídricos de la región entre esos recursos, el Rio Bordonos y Mazamorras, los cuales son una de las principales fuentes hídricas del Municipio de Isnos y su agua es fuente de vida de innumerables organismos acuáticos sin embargo, la calidad ecológica de los Ríos y Quebradas se ve afectada principalmente por el vertimiento de aguas servidas domésticas, y escorrentía superficial de terrenos agrícolas y pecuarios de zonas aledañas, debido a este manejo inadecuado se afecta directamente a las comunidades acuáticas y especialmente a la distribución de los organismos bentónicos en el agua, y a la comunidad que se sule de este recurso hídrico .

Las Microcuencas adquieren gran importancia en el ámbito local y regional dado que cada una surte el acueducto Regional de Isnos abasteciendo el casco urbano, y a nivel rural a las veredas de plomadas, canastos, Florida, y Cañaverál desemboca en la quebrada chorrera en la vereda plomadas.

La conservación de estas es vital para el sostenimiento de los recursos hídricos que actualmente son usados en gran medida para el consumo humano y aunque en una mínima parte influyen en los volúmenes de caudales necesarios para la generación de energía eléctrica POT (1998).

Dada esta problemática se hace necesario garantizar la calidad del agua, e implementar los Biosistemas Integrados, con prácticas sostenibles, para el uso y aprovechamiento eficiente del recurso; y la prevención y el control de la contaminación hídrica en la región.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar las variaciones espaciales en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de las quebradas Helechuzal y Banderas en dos épocas con diferente régimen climático en el municipio de Isnos departamento del Huila.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Clasificar hasta el nivel taxonómico de familia la comunidad de macroinvertebrados acuáticos colectados.
- Identificar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en las quebradas Helechuzal y Banderas.
- Comparar la estructura y función de los macroinvertebrados acuáticos, como biosistemas integrados, teniendo en cuenta la teoría del continuum de Vannote.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACION

El estudio propuesto en este trabajo, plantea resolver el siguiente interrogante:

“¿Cuál es la variación espacial de la comunidad de Macroinvertebrados, teniendo en cuenta su estructura y composición en dos épocas diferentes en las Quebradas Helechuzal, y Banderas?

4.1 HIPOTESIS DE TRABAJO

Como respuesta a la pregunta anterior se plantea la siguiente hipótesis:

La cobertura vegetal riparia y las variaciones de caudal, inciden en la caracterización y variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, disminuyendo significativamente su abundancia donde las pasturas son la matriz predominante.

5. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

5.1 ESTUDIOS DE MACROINVERTEBRADOS

El trabajo con Macroinvertebrados acuáticos se remonta a principios del siglo pasado. Su uso se ha basado en el estudio de calidad de agua de los ecosistemas acuícolas. Esto es posible ya que en respuesta a los cambios ambientales varía también la composición de especies debido a sus requerimientos y características especiales. Por lo tanto, la comunidad de Macroinvertebrados de la mayoría de los ecosistemas acuáticos pueden servir de guía para conocer y determinar el estado de estos Hauer & Lamberte (1996). El uso de especies o conjuntos de “especies indicadoras” implica asumir que la presencia de un organismo indicador es el reflejo de las condiciones del medio (Riss *et al.* 2002). Los países en Latinoamérica con más experiencia con el uso de Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores son, Chile, Colombia, Costa Rica y Perú.

Diversos estudios se han enfocado en la importancia de los Macroinvertebrados como bioindicadores, de la calidad del agua, ya que son testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales Jaramillo & Londoño (2006).

Los conflictos entre la explotación y la preservación de los ecosistemas son frecuentes en América del Sur (Parra, 1992) y en algunos casos su efecto sobre los ecosistemas acuáticos es incluso más dramático (Pringle *et al.* 2000). Existe una abundante literatura sobre el tema en América del Sur, tanto en zonas altoandinas como en tropicales. También existe una buena tradición en la evaluación biológica de los efectos de la contaminación para conocer el efecto de

los vertidos de ciudades (Roldan *et al.* 1973); Molineri & Molina (1995); (Roldán, 1996) (Ballesteros *et al.*1997); (Machado *et al.* 1997); (Zúñiga *et al.* 1997); (Jacobsen, 1998);(Roldán, 1999); (Monaghan *et al.* 2000); (Posada *et al.* 2000); (Figuroa *et al.* 2003); (Roldán, 2003), de los impactos producidos por sólidos en suspensión (Fossati *et al.* 2001) o la actividad minera (Pringle *et al.*2000).

Los efectos de la contaminación han generado una gran cantidad de estudios de impacto ambiental en dichos países, pero muchos de ellos nunca son publicados, por lo que existe una extensa, pero restringida en su difusión, literatura gris que no se refleja en publicaciones científicas y además raramente estos estudios han originado protocolos estandarizados. Este hecho ya fue indicado en (Prat *et al.*1999) y posteriormente puesto de manifiesto en nuestra revisión sobre el uso de los Macroinvertebrados como indicadores de calidad en los ríos altoandinos (Ríos *et al.*, en prep).

5.2 ESTUDIOS EN AMÉRICA LATINA

Aunque los estudios de evaluación de calidad de agua en América, han incluido a los Macroinvertebrados acuáticos desde inicios del siglo XX (Lestage, 1929; 1931); Edmunds & Traver, (1954); (Demoulin,1966), solo fue a partir de la década de los años 70, cuando se impulsó su uso como bioindicadores de calidad y se implementó la aplicación de índices bióticos. Actualmente son dos los métodos que tienen este enfoque: en uno se desarrollan índices que miden la condición biológica reuniendo varios atributos de la comunidad en una única medida que se usa para comparar sitios degradados con sitios poco intervenidos; el otro método

es el de los modelos de predicción que usan la estadística multivariada para comparar la composición de la comunidad entre los sitios impactados y los de referencia (Segnini, 2003)

5.3 ESTUDIOS REALIZADOS EN COLOMBIA

Por otra parte, en Colombia, los estudios demoraron en comenzar, siendo el primer reporte en los años 50, sobre mediciones fisicoquímicas del agua y observaciones del plancton por investigadores del tema, según lo describe (Bernal *et al.* 2005). Posteriormente, se realizaron una serie de estudios sobre calidad de agua en los alrededores de Bogotá y Medellín, productividad de las ciénagas del país y del río Magdalena y fauna de Macroinvertebrados en Antioquia, así como de manejo de embalses (Roldán, 1992). En los últimos años se ha enfatizado en la bioindicación de la calidad del agua (Posada *et al.* 2000); (Roldán, 2003), en las comunidades de plancton Rosas & Mesa (2002) y en las comunidades de Macroinvertebrados (Bernal *et al.* 2005). En un estudio realizado en la Quebrada La Bendición del Municipio de Quibdó (Chocó), (Pino *et al.* 2003), encontraron que las comunidades de macroinvertebrados, presentaban índices ecológicos de riqueza y equidad altos, mientras que la dominancia presentó niveles bajos. Mediante los índices biológicos como el BMWP, se pudo determinar que las aguas presentaban buena calidad, no contaminadas o poco alteradas.

En un estudio a la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, en la cuenca del Río Gaira (Magdalena, Colombia), se colectaron 588 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias. Los órdenes más representativos fueron Trichoptera, Coleóptera, Díptera y Ephemeroptera, siendo el último de ellos el más abundante. Las Familias más representativas fueron *Baetidae*, *Simullidae*, *Perlidae*, *Chironomidae* e *Hydropsychidae*, en ese mismo orden de abundancia. Para la relación de la estructura de la comunidad con la calidad del agua se calculó

el índice BMWP, adaptado por la Universidad del Valle, Cali, Colombia, que estableció para este caso un agua de óptima calidad y oligosapróbica (Guerrero *et al.*2003).

En el Departamento Norte de Santander, (Contreras *et al.*2004), analizaron las Quebradas La Laucha, La Lejía y La Rastrojera, con base en variables biológicas (macroinvertebrados bentónicos) y establecieron que la cuenca baja de la Quebrada la Rastrojera es la más contaminada por estar localizada en proximidades a la zona urbana de Durania, principalmente por dilución de materia orgánica, mientras que las otras quebradas fueron menos contaminadas.

Según (Londoño *et al.* 2001), reportaron que la calidad ambiental del Río Santo Domingo (Quindío), según análisis biológicos basados en el índice BMWP, se clasifica como clase II o ligeramente contaminada (calidad aceptable), estos datos estuvieron acordes con la baja diversidad de macroinvertebrados presentes, aunque los índices bacteriológicos calculados en las mismas localidades arrojaron valores altos.

En la Quebrada Paloblanco, ubicada en la cuenca del Río Otún (Risaralda), (Bernal *et al.*2005), encontraron 42 Familias de Insecta, además de Ácari, Anélida, Crustácea e Hirudínea en los dos puntos muestreados. De los Macroinvertebrados encontrados hay presencia exclusiva de algunas Familias dentro de cada punto muestreado. Es así como para punto alto se encontraron 29 Familias (Ephydriidae, Gyrinidae, Helodidae, Heteroceridae, Limnichidae, Perlidae y Tabanidae) y para punto bajo 40 Familias, (Caenidae, Calopterygidae, Corduliidae, Culicidae, Dytiscidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Libellulidae, Siphonuridae, Veliidae, Carabidae y Curculionidae).

En el Departamento de Chocó, fue realizada la valoración de las aguas de la Quebrada el Caraño (Municipio de Quibdó), teniendo como base el bentos y variables físicas y químicas. Mediante el cálculo del índice BMWP, se logró catalogar la cuenca alta como aguas moderadamente contaminadas y la cuenca baja como fuertemente contaminadas. En contraposición los resultados

físicos y químicos denotaron las localidades como sistemas de aguas semicontaminadas, ya que los valores de dichos parámetros no se alejan mucho de los rangos normales para ese tipo de agua, según las normas técnicas de calidad colombiana Cruz & Andrade (2005).

5.4 CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe un amplio rango de posibles usos. Las corrientes del Departamento reciben y acarrean cargas de agua utilizada para los diferentes procesos de la actividad socioeconómica que en su mayoría se vierten sin tratamiento previo y además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos, originados por procesos de erosión sea esta de origen natural o derivada de la acción antrópica.

Las principales causas de contaminación hídrica en el Departamento son: el vertimiento de aguas residuales domésticas, aguas provenientes del lavado del café, el uso de agroquímicos en forma indiscriminada cerca de cuerpos de agua, la disposición inadecuada de desechos sólidos, las explotaciones agropecuarias, la erosión de los suelos y las explotaciones mineras.

6. FUNDAMENTACION TEORICA

6.1 LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y MÉTODOS PARA SU VALORACIÓN

La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Por esta razón, existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, desarrollando criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas Norris & Hawkins (2000).

Aun cuando la contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien en principio son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante, capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (Toro *et al.*2003).

Como una alternativa a estos procedimientos, desde hace varios años muchos países han generado conocimientos e implementación de técnicas de biomonitoreo basado en indicadores biológicos, a través de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en los sistemas acuáticos. Los llamados índices biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes

de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas Alba & Tercedor (1988). La literatura revela que de los organismos acuáticos, los macroinvertebrados y microalgas son los dos grupos que a menudo se recomienda usar en evaluaciones de la calidad del agua (Hellowell, 1986) Christie & Smol (1993); Kelly & Whitton, (1995), (Roldan ,1999).

El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua tiene cuando menos 100 años de antigüedad. De estas técnicas, los insectos acuáticos (entre un 70-90% de la fauna de macroinvertebrados dulceacuícolas) han sido el grupo más estudiado para evaluar la calidad del agua por muchos investigadores (Hellowell, 1986); Rosenberg & Resh (1993).

6.2 GENERALIDADES DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud. El prefijo “macro “ indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm y además, superan en fase adulto o ultimo estado larvario los 2.5 mm Rosenberg & Resh (1993).

Este grupo incluye taxones como: Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudíneos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y 24 tricópteros. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (McCafferty, 1981); (Roldán, 1988; 1992).

6.3 RESPUESTA DE LOS MACROINVERTEBRADOS A LA CONTAMINACIÓN

Rosenberg & Resh (1993). Definen el concepto de especie indicadora que es ampliamente aceptado como: “especie (o conjunto de especies) que tienen un particular requerimiento en relación de variables físicas y químicas, tales que los cambios en la presencia/ausencia, número, morfología, fisiología o de comportamiento de esas especies indican que las variables físicas o químicas consideradas están por fuera de los límites acostumbrados o normales”.

La mayoría de los organismos acuáticos son potencialmente posibles de utilizar para estos estudios, pero en la literatura se señala que los más indicados son los macroinvertebrados bentónicos, entre los cuales se citan a los moluscos, crustáceos, anélidos e insectos, entre otros (Hellawell, 1989).

(Metcalf, 1989) citado por (Roldán, 2003), distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de macroinvertebrados a la contaminación: estos son el saprobio, el de diversidad y el biótico. El enfoque saprobio que fue designado por Kolkwitz & Marson (1909) en Alemania, refiriéndose con el término a la capacidad que tienen ciertos organismos para vivir en determinados niveles de contaminación se distinguieron tres zonas: polisapróbica, mesosapróbica y oligosapróbica, este puede ser aplicado en todo tipo de ríos, pero se requiere nivel de especie lo que no siempre es disponible en el neotrópico, por el escaso conocimiento taxonómico disponible; el enfoque biótico abarca los aspectos de saprobiedad, combinando diversidad de especies con información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones de individuos, en una expresión numérica, es decir que su puntaje se basa en la tolerancia de cada taxón; por otro lado el enfoque de la diversidad considera tres componentes fundamentales de la comunidad: riqueza, uniformidad y abundancia.

La comunidad natural sin perturbación presenta gran diversidad de especies y bajo número de individuos por especie y una comunidad bajo perturbación es esperable que presenten bajo número de especies y muchos individuos por especie (Enríquez *et al.* 2006). También incluyeron los términos auto purificación o saprobiedad, donde los invertebrados que habitan en las fuentes hídricas tienen una gran importancia, ya que su biomasa es con frecuencia el principal componente animal del ecosistema acuático; su actividad biológica es imprescindible para comprender el funcionamiento de una fuente hídrica.

6.4 FACTORES QUE INTERVIENEN SOBRE LA MACROFAUNA

Muchos investigadores Quinn & Hickey (1990); (Philip *et al.* 1995); (Jacobsen *et al.* 1997) se han referido a la influencia que ejercen los factores físico- químicos sobre los organismos del bentos. Según estos autores, la velocidad de la corriente, el sustrato, la temperatura, el oxígeno, la altitud, junto a otros factores físicos y químicos, que afectan los cuerpos de agua corriente tienen diferentes efectos sobre la actividad y el desarrollo de las especies de macroinvertebrados que habitan estos cuerpos en sus diferentes estadios hasta la etapa de adultos.

La velocidad de la corriente con la asociación de un conjunto de fuerzas físicas propias de los sistemas lóticos son los factores más importantes que afectan a los organismos que habitan estos ambientes, influyendo en el tamaño de las partículas de sustrato y en la remoción de los nutrientes, por lo cual la biota que poseen ha desarrollado una serie de adaptaciones estructurales, como el cuerpo aplanado, la presencia de ventosas que permiten mantener la posición en las superficies expuestas a las corrientes y explotar esos ambientes (Allan,1995).

6.5 FUENTE DE ENERGÍA EN SISTEMAS ACUÁTICOS

La hojarasca constituye la vía de entrada principal de los nutrientes tanto en el suelo como en el agua, es uno de los puntos claves del reciclado de la materia orgánica y los nutrientes. Durante este periodo se está llevando a cabo un proceso de condicionamiento de las hojas por parte de los microorganismos tales como bacterias y hongos que aumentan el contenido proteico de este material Merrit & Burton (1984).

6.6 ÍNDICES ECOLÓGICOS PARA ANÁLISIS DE COMUNIDADES

Además de los efectos a nivel individual, en algunos sitios podría ser muy importante la evaluación de los efectos a un mayor nivel de organización, para lo cual, una de las herramientas más poderosas es el estudio de diversos índices bióticos; la identificación y medición de las propiedades ecológicas que pudieran ser afectadas por los contaminantes en las comunidades son de especial interés. Las mediciones más usadas para evaluar la integridad biológica en una comunidad. Los atributos de la comunidad más comúnmente usados para la medición de respuestas son los siguientes: riqueza, diversidad, equitatividad, abundancia relativa, dominancia y similitud.

La riqueza de especies es el número de especies presentes en una comunidad. Se ha utilizado como un indicador de la integridad ecológica y es una de las medidas más usadas para evaluar efectos de los contaminantes en las comunidades pues la reducción de especies es la respuesta más constante ante los disturbios Clements & Newman (2002).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') toma en cuenta el número de especies y la equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie Franco

et al. (1989). Es más sensible para especies raras y estima la diversidad de la comunidad en que fue tomada la muestra Clements & Newman (2002).

El índice de dominancia de Simpson (λ^{\wedge}) es relativamente insensible para especies raras pero altamente sensibles para especies dominantes Clements & Newman (2002).

La equitatividad (E) es que tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies Newman & Unger, (2003).

El Índice de Similitud de Jaccard, se usa para cuantificar la correspondencia entre dos comunidades, están basados en la presencia o ausencia de especies y/o en datos de abundancia, son útiles para comparar sitios de referencia con sitios impactados o contaminados; midiendo el intervalo de especies que comparten diferentes hábitats (Franco *et al.*1989). El valor teórico máximo es 1 indica que dos áreas son exactamente iguales en composición de especies y el menor valor es 0 el cual indica que las áreas no comparten ninguna especie (Franco *et al.*1989).

7. MARCO REFERENCIAL

7.1 INTERVENCIONES

Por muy variadas razones el hombre realiza intervenciones que afectan las corrientes naturales, estas se relacionan con modificaciones en el régimen de caudales, el cauce, los usos del suelo, entre otras.

Modificaciones en el régimen de caudales: Reducción de la variabilidad natural en embalses o tanques, restricciones al almacenamiento temporal en las llanuras de inundación, extracción de algún caudal constante o hasta cierto límite dado por la capacidad de la captación, e incremento de los caudales por trasvases.

Modificaciones en el cauce: Modificación del alineamiento horizontal o vertical, o de la forma de la sección, ocupación de llanuras y márgenes, desecación artificial de ciénagas, confinamiento rígido de las márgenes, generación de lagos, entre otros.

Modificaciones en los usos del suelo: deforestación, laboreo agrícola, siembra de pastos y sobrepastoreo, fumigación de cultivos, riego y drenaje de cultivos, adecuación de tierras, explotación de canteras, urbanización, pavimentación, disposición de residuos sólidos con lixiviados hacia corrientes y acuíferos, entre otros.

Otras intervenciones como: vertimientos directos de residuos, aguas servidas o contaminantes, sobrepesca, alto tráfico de navegación, contaminación del aire (lluvia ácida), incrementos de gases de efecto invernadero y cambio climático Vélez & Ríos (2004).

7.2 CAUDAL ECOLÓGICO

Por definición el caudal ecológico es la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones, considerando las necesidades de las poblaciones humanas, animales y vegetales, así como los requerimientos físicos para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como la de flujo de dilución, capacidad de conducción de sólidos, recarga de acuíferos, mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio y amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos. Después de los usos de agua para las diferentes actividades humanas hay que mantener un caudal para la naturaleza, que sirve para conservar la biodiversidad y las funciones ambientales.

El ecosistema que puede sustentar un tramo de un río está condicionado, además de los agentes externos al cauce, por cuatro aspectos principales (Cubillo *et al.*1990).

- La morfología del cauce.
- Las características del agua circulante, tanto en cantidad como en calidad físico-química.
- El tipo de hábitat existente en lecho y orillas fluviales.
- Los recursos tróficos.

Además un caudal puede ser considerado como ecológico, siempre que sea capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial. Los principales componentes de un ecosistema fluvial son:

- El hábitat como soporte físico del ecosistema.
- Los organismos que conforman la flora y fauna del río.
- El cauce del río que limita al ecosistema en su parte inferior.
- La ribera que limita al ecosistema lateralmente.

Aquel cuya exigencia de caudal mínimo sea mayor, actuará como factor limitante, y definirá el caudal ecológico (Jaime, 2001).

7.3 COBERTURA VEGETAL

El aporte de materia orgánica a los sistemas fluviales por la vegetación ribereña es determinante en su estructura y complejidad (Boothroyd *et al.* 2004). Constituye el mayor aporte energético a los ríos, principalmente en arroyos de cabecera que se desarrollan en medio de bosques de hojas caducas (Nakano *et al.* 1999), siendo éstas una fuente importante de alimento para los macroinvertebrados que allí habitan (Vannote *et al.* 1980); Flory & Milner (1999). No obstante, el paisaje ribereño ha sido altamente degradado por las actividades humanas Ríos & Bailey (2006).

La vegetación ribereña constituye un ecotono entre los hábitats terrestre y acuático, con características bióticas y físicas únicas que aportan un conjunto de funciones ecosistémicas Osborne & Kovacic (1993); Lyon & Gross (2005). No obstante, su importancia ha sido ignorada y generalmente, esta franja se encuentra altamente degradada debido al desarrollo de diversas actividades antrópicas Ríos & Bailey (2006). Algunos estudios (Vannote *et al.* 1980); (Wallace *et al.* 1997); (Nakano *et al.* 1999); han mostrado la dependencia de los invertebrados acuáticos de las hojas alóctonas como alimento y trozos de madera que llegan a los ríos pueden tener influencia sobre los procesos físicos y biológicos, especialmente al diversificar los hábitats (Nakano *et al.* 1999); Thompson & Townsend (2004); Lyon & Gross (2005); Ríos & Bailey (2006).

El transporte de partículas disueltas y materia orgánica producida desde la cabecera hasta la desembocadura de los ecosistemas hídricos, genera una estrecha relación entre el río y el ecosistema terrestre Giller & Malmqvist (1998). De hecho la vegetación ribereña se encuentra más conectada a la vida que sucede dentro del río que a la que sucede fuera de él, ejerciendo un papel fundamental en la cadena trófica de estos ambientes (Corbacho *et al.*2003).

7.4 SISTEMAS LOTICOS

Los ecosistemas lóticos son complejos e involucran a muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos, dentro de una dinámica espacial y temporal intrincada (Allan 1995); estos ecosistemas de aguas fluyentes están principalmente representados por ríos y arroyos. En particular, el interés ecológico que suscitan estos sistemas reside en la capacidad de respuesta que tiene la biota ante agentes estresores.

Los ríos representan la principal fuente de agua para consumo humano, agricultura y otras actividades industriales. Suponen una fuente importante de alimento y muchos de ellos son utilizados como sistemas de transporte, pero sobre todo son un componente esencial de nuestro patrimonio natural y cultural. Constituyen ecosistemas con gran riqueza de biodiversidad, donde ver fluir el agua es un valor en sí mismo, y son la más querida seña de identidad de numerosos pueblos, ciudades y regiones (Fernández, 2012).

7.5 LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS, COMO BIOSISTEMAS INTEGRADOS Y SU RELACION CON EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los ecosistemas acuáticos, además de servir de hábitat fundamental para una amplia variedad de especies, proporcionan diversos beneficios a la sociedad; siendo altamente productivos en los

recursos naturales, silvestres, y recursos energéticos, constituyendo así un eje fundamental en la cadena trófica, como un biosistema integrado que permite mantener un equilibrio entre cada uno de los organismos como lo son los macroinvertebrados acuáticos que habitan estos ecosistemas, y que son de gran importancia para conservarlos y preservarlos como fuentes principales de alimento para algunos animales vertebrados como las aves, peces, anfibios, etc; y como base fundamental de la vida en los ecosistemas.

De igual manera los ríos, y las quebradas son biosistemas integrados que se relacionan entre sí como ecosistemas que abastecen de agua a la región; a su vez estos, previenen y regulan las inundaciones, reducen los efectos de la erosión al mantener sedimentos, retienen sustancias nutritivas y eliminan sustancias tóxicas, estabilizan el microclima, sirven de sumidero de carbono para el mundo, sirven de medio de transporte y constituyen excelentes lugares turísticos. Del mismo modo estos ecosistemas son el sostén de la vida sobre el planeta para la especie humana y todas las otras formas de vida; Es evidente que la salud de los ecosistemas y su capacidad de carga deben de estar en el centro de cualquier estrategia de sostenibilidad (Jiménez, 2002). Un desarrollo ambientalmente sostenible requiere que la biosfera proporcione suficientes bienes y servicios naturales a largo plazo. Esto incluye energía, materiales, espacio condiciones geofísicas, ciclos hidrológicos, y biogeoquímicos funcionales, la biodiversidad; y que estos bienes sean utilizados como materia prima para la producción de diversos elementos que contribuyen al crecimiento y desarrollo de económico y sostenible de la sociedad.

Teniendo en cuenta lo anterior es importante destacar que el desarrollo sostenible no se refiere a un estado inmutable de la naturaleza y de los recursos naturales, pero sí incorpora una perspectiva de largo plazo en el manejo de los mismos, por lo que ya no se apunta a una "explotación" de los recursos naturales sino a un "manejo" de éstos; asimismo enfatiza en la

necesidad de la solidaridad hacia las actuales y futuras generaciones y defiende la equidad intergeneracional. De otra parte, se defiende la necesidad de que la dirección de la inversión y del progreso científico tecnológico estén encaminados a la satisfacción de las necesidades presentes y futuras.

En Colombia como en muchos otros países cada vez se habla más sobre el desarrollo sostenible, pero no solo esto, también son muchos los proyectos, programas y políticas que buscan hacer, en este país, al desarrollo económico más sustentable.

El Desarrollo Sostenible constituye hoy una prioridad de las agendas políticas internacionales que ha ido ganando adhesiones progresivas, no exentas de críticas, y que han ido concretándose en normativas y en convenios mundiales específicos tales como Biodiversidad, Cambio Climático, Bosques, Agua, Suelos, Educación. Estas iniciativas están contribuyendo a una mayor convergencia mundial sobre los instrumentos de planificación socio ambiental, aun a sabiendas de que la base de la organización, de la producción y del consumo de las sociedades más desarrolladas abriga un sinfín de contradicciones en cuyo seno se ha gestado el concepto de crisis ambiental, que abarca no sólo cuestiones relativas al agotamiento de recursos, al efecto invernadero, a la contaminación de mares y al desequilibrio general de los ecosistemas, sino también desigualdades económicas, pobreza, dispar distribución de recursos, conflictos bélicos, equidad y justicia social. De ahí la importancia de planificar un desarrollo sostenible (Fundación Natura y Ceplaes, 1992).

Un desarrollo sostenible que tenga como objetivo satisfacer las necesidades humanas, preservando el medio ambiente para que estas necesidades puedan ser satisfechas, no sólo en el presente, sino también para las futuras generaciones (Fundación Natura y Ceplaes, 1992).De

acuerdo a lo anterior se debe mantener un buen equilibrio (desarrollo sostenible) entre la naturaleza y el ser humano, para poder conservar la flora y fauna acuática, como lo son en este caso los macroinvertebrados los cuales cumplen una función muy especial en cada sistema lotico, y a los cuales se les debe preservar su hábitat.

7.6 IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados son organismos sedentarios y reaccionan de forma inmediata y predecible ante los impactos humanos en los ecosistemas acuáticos. Adicionalmente, Sharma & Rawat (2009) señalan que algunos macroinvertebrados responden a cambios específicos en las condiciones de calidad del agua, por lo que han sido empleados como indicadores de la salud de los humedales. Las comunidades de macroinvertebrados pueden variar en el tiempo y el espacio, pues su diversidad se relaciona con la concentración de nutrientes y productividad del ecosistema, teniendo mayor diversidad los sitios asociados con buena calidad del agua Latha & Thanga, (2010).

En la ecología de los ríos, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos es de principal importancia para el entendimiento de la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas, son eslabón fundamental de la cadena trófica, se utilizan como indicadores biológicos de la calidad del agua; además, esta comunidad también provee una importante herramienta para monitoreos y programas de manejo Rosenberg & Resh, (1993).

7.7 IMPORTANCIA DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS REDES TROFICAS

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un

papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas. Es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos; de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas fluviales va a afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos.

Como ejemplo, podemos destacar especies tan emblemáticas como la trucha, el desmán ibérico o el mirlo acuático, cuyas dietas se componen mayoritariamente de larvas de efemerópteros, plecópteros y tricópteros, los cuales, requieren buenas condiciones de calidad del agua para vivir, por lo que una determinada alteración que empeore la calidad del agua o las condiciones de hábitat requeridas por estas especies de macroinvertebrados, va a provocar un claro descenso de la población de los vertebrados (Fernández,2012).

Para aprovechar los diferentes recursos tróficos que existen en los ecosistemas fluviales, los macroinvertebrados acuáticos poseen alta variedad de adaptaciones morfológicas, estructurales y de comportamiento. La biota acuática es muy diversa (Roldán, 1992) y abundante en contraposición a la biomasa que es baja, ya que la fauna de macroinvertebrados acuáticos está constituida en su mayoría por especies pequeñas (Roldán, 1992).

Los grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos se dividen en cuatro grupos funcionales según su hábito alimenticio:

DESMENUZADORES: Son los insectos acuáticos y otros invertebrados de hábitos masticadores, que se alimentan tanto de tejido de plantas vivas (macrofitas), como de la materia

orgánica particulada gruesa (MOPG) microbialmente procesada, es decir, toda la materia orgánica mayor a 1mm. En cuanto a los mecanismos de alimentación que utilizan, este grupo incluye: masticadores, minadores, y barrenadores o taladradores, siendo por lo tanto su función principal, la de fragmentar la materia orgánica gruesa en partículas más finas, facilitando así su disponibilidad para otros invertebrados.

COLECTORES: Son los que se alimentan de la materia orgánica particulada fina (MOPF), es decir, el detritus con un tamaño de partículas menor a 1mm, y en menor proporción (en el caso de los ambientes lenticos) organismos del plancton (fitoplancton y zooplancton). Este grupo, a su vez comprende dos tipos de organismos funcionales, los filtradores, aquellos que se alimentan del material orgánico en suspensión (usando para ello el mecanismo de la filtración). Especialmente comunes en aguas corrientes; y los recolectores, los que se alimentan de las partículas orgánicas presentes en el sedimento que son comúnmente encontrados en el fondo de aguas lenticas o de corrientes muy suaves. Como grupo funcional, estos insectos, participan en el procesamiento de la materia orgánica fina, facilitando así su incorporación en forma de materia orgánica disuelta, a otros organismos de la cadena trófica.

RASPADORES: Son los insectos que se alimentan del material vegetal adherido a un sustrato, particularmente el perifiton, cuyo tamaño es menor a 1mm, para lo cual presentan adaptaciones morfo-conductuales que les permite raspar la superficie de dicho sustrato tales como: mandíbulas en forma de paleta con bordes cortantes, mandíbulas con superficies internas dentadas, mandíbulas robustas con fuertes dientes y cepillos en los palpos labiales y maxilares Cummins & Klug (1979); Lamberti & Moore (1984). Además de estas adaptaciones, dichos organismos han desarrollado importantes adaptaciones estructurales, para mantener su posición

en superficie expuestas a la corriente y así poder explotar su alimento (cuerpo aplanado dorsoventralmente y ventosas).

DEPREDADORES: Dentro de esta categoría se incluyen todos los insectos acuáticos carnívoros que están adaptados especialmente para la captura de presas vivas, cuyo tamaño es mayor a 1mm. Este comportamiento también puede presentarse en miembros de los grupos funcionales anteriores, en la medida que alcanzan mayor desarrollo. Es probable que este hecho se deba a que en ciertas etapas de su ciclo de vida, los insectos necesitan un alto contenido de proteínas en su dieta, para facilitar su crecimiento Cummins & Klug (1979). Los principales mecanismos que utiliza este grupo para adquirir su alimento, son la ingestión completa de la presa, y la succión de fluidos, mediante la perforación de los tejidos celulares de la presa (Cummins, 1973).

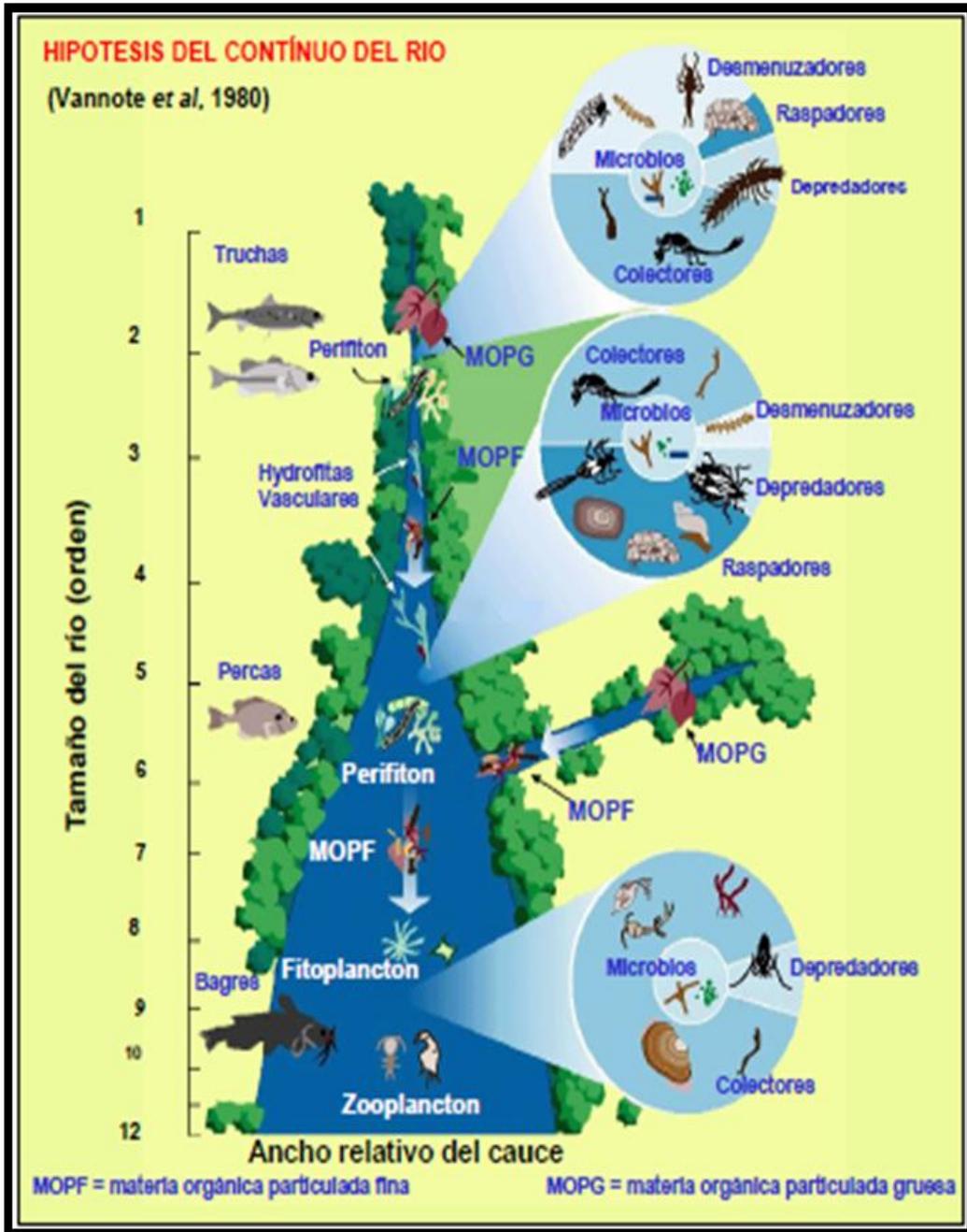


Figura 1. Estructura representativa del continuo del río.

Fuente: Rivera Abreu, Regulo.

8. METODOLOGIA

8.1 AREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en las Microcuencas de las Quebradas Helechuzal y Banderas localizadas en la vereda Hornitos y san Vicente, del municipio de Isnos departamento del Huila (Figura 2).

Ambas Microcuencas nacen de la subcuena de la Quebrada la Chorrera, la cual pasa por el casco urbano, y nace en la vereda Yarumal, desembocando en el río Magdalena atravesando el municipio de Norte a Sur. Es la receptora de quebradas Helechuzal y Banderas que surten algunos acueductos.

8.2 DESCRIPCION DE LAS MICROCUENCAS

La quebrada Helechuzal muestra un buen estado de conservación, comparada con la quebrada Bandera, donde la mayor parte de su territorio se encuentra altamente intervenido con predominio de cultivos de mora, caña, granadilla y ganadería extensiva, procesos que han deteriorado los suelos por la excesiva quemadas y tala que se presenta en la zona, lo que ha contribuido a la disminución significativamente de su caudal (EOT,1998).

Estas quebradas, se caracterizan por presentar una franja altitudinal de 2000 a 3000 metros, con temperaturas medias diarias de 12° y 18°C y precipitación pluvial promedio anual 2000 a 4000 mm.

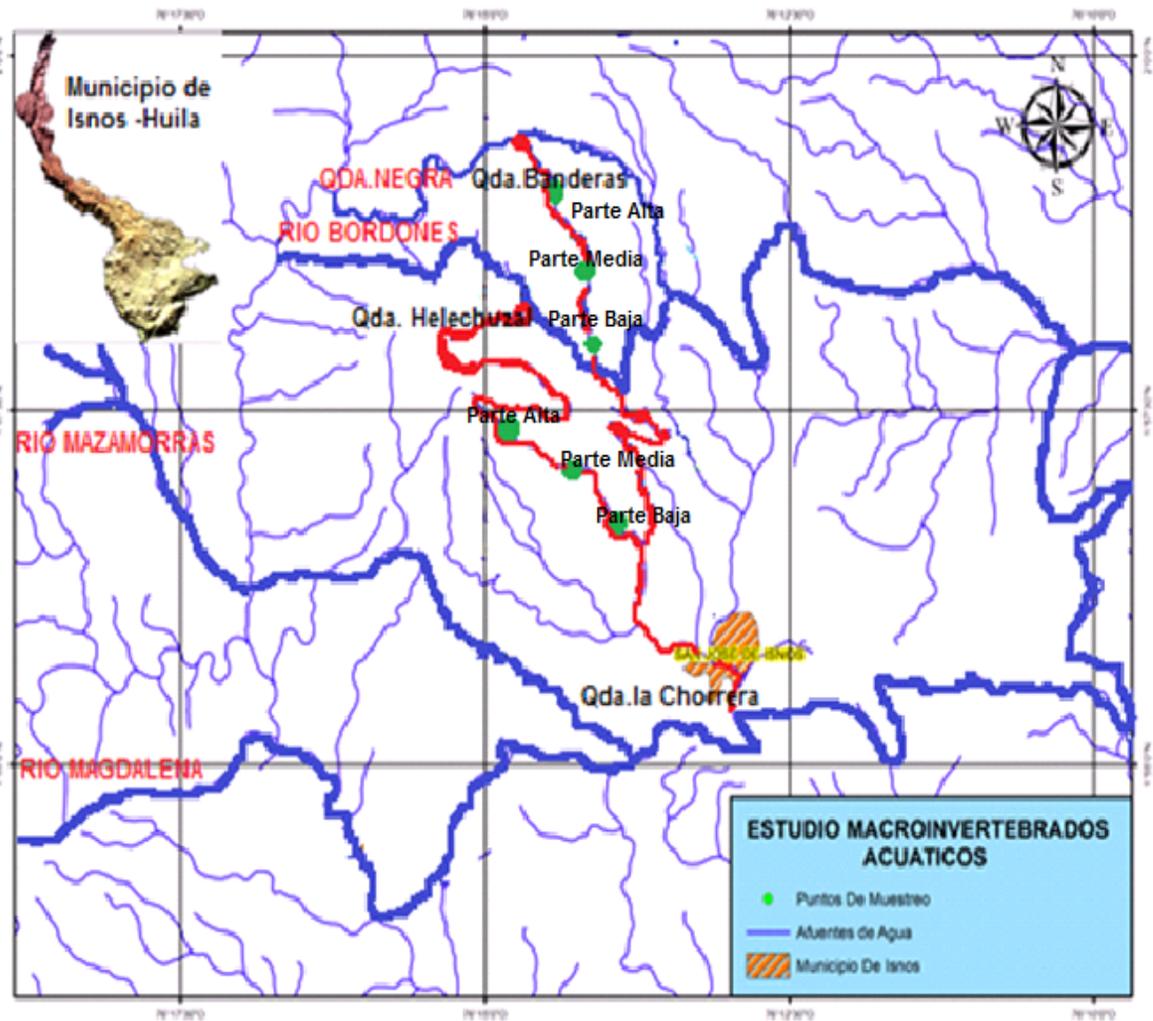


Figura 2. Localización, Municipal, y local de los sitios de muestreo en las quebradas Helechuzal y Banderas

Fuente: Autora

8.3 USOS DEL SUELO

El uso del suelo en Isnos se relaciona con las actividades productivas en el campo agrícola, pecuario, forestal, y con la explotación del recurso bosque, en la zona de influencia del Parque Natural Nacional Puracé; en esta región el 30,14% se halla dedicado a la agricultura; el 40,8 % a la ganadería, el 0,15% restante se presenta como tierras improductivas, usos urbanos y agro urbanos (Tabla 1).

Tabla 1.USOS DEL SUELO

Uso actual	Hectáreas	%
Bosques	8.940	24.76%
Rastrojos	1.500	4.16
Agricultura	10.979	30.14
Ganadería	14.728	40.80
Zona urbana y centros poblados	53	0.15
TOTAL	36.100	100

Fuente: Anuarios Estadístico Agropecuario 2006.

Los suelos de esta asociación se encuentran en un piso climático de clima frío y húmedo correspondiente a una serie de colinas, lomas y mesones que integran un paisaje característico de lomeríos. Se han desarrollado a partir de espesos depósitos de cenizas volcánicas, rocas volcánicas y materiales piroclásticos dentro de una topografía moderadamente quebrada, presentan pendientes entre 12 y 25% con colores pardo oscuro, pardo amarillento y gris estos se presentan en las veredas de: Paloquemao, Sylvania, San Vicente, etc. (EOT, 1998).

8.4 SELECCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO

En cada quebrada se seleccionaron tres puntos de muestreo distribuidos en un tramo de 100 metros, localizados en la parte alta, media y baja de la Microcuenca, (Tabla 2); el criterio tenido en cuenta para la selección de los sitios de muestreo fue la presencia de áreas de colonización, sectores con mayor aporte de materia orgánica y zonas con procesos de erosión acelerada.

Tabla 2. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.

Puntos de muestreo	Quebrada Helechuzal			Quebrada Banderas		
	N	W	msnm	N	W	msnm
Parte alta	10°56'732"	076 ° 14' 26"	1807	01°58'288"	076°14'198"	1.918
Parte media	01°57'720"	076 ° 13' 99"	1803	01°58'175"	076°14'134"	1.915
Parte baja	01°57'713"	076 ° 13' 14"	1800	01°58'087"	076°14'166"	1.901

Fuente: Elaboración propia.

El primer sitio de muestreo en la Quebrada Banderas, se caracterizó por vegetación riparia en pasturas.



Figura 3. Parte Alta de la Quebrada Banderas



Figura 4. Parte Media de la Quebrada Banderas

Fuente: Autora

El segundo tramo seleccionado en la quebrada Helechuzal caracterizado por bosque natural con bajo nivel de intervención.



Figura 5. Área de Muestreo en la parte alta de la Quebrada Helechuzal.

Fuente: Autora

Las áreas seleccionadas se ajustaron al criterio de suficiente heterogeneidad micro geomorfológica (Frissell *et al.* 1986) con el sistema de rápidos y remansos desarrollado por Dunne & Leopold (1978), los tramos seleccionados en cada quebrada tienen en común zonas de remansos y rápidos (mínimo tres de cada uno), dándole una identidad física al lugar de estudio.

Se realizó un premuestreo el día 23 de Septiembre el cual permitió conocer, y caracterizar la zona, para establecer los sitios de muestreos; adicionalmente se realizaron tres muestreos entre el 23, 30 de Noviembre, y el 12 de Diciembre de 2014, abarcando el período de transición de verano a la primera temporada de lluvias (EOT, 1998).

8.5 MEDICION DEL CAUDAL POR METODO DE FLOTADOR



Figura 6. Medicion de caudal en la Quebrada Banderas

Fuente: Autora

LINEAMIENTO CONCEPTUAL-TECNICO

MEDICIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DEL FLOTADOR:

En este método, de igual manera, se utilizan los valores promedio de las variables determinadas.

Para adelantar los procedimientos se necesitaron de los siguientes implementos:

8.5.1 MATERIALES Y EQUIPOS

- Un objeto flotante, en este caso se utilizo un ping-pong.
- Un cronómetro

- Un metro.
- Una regla
- Guasca

PRIMER PASO

8.5.2 SELECCION DEL LUGAR ADECUADO

Se selecciona en el río un tramo uniforme, sin piedras grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos.

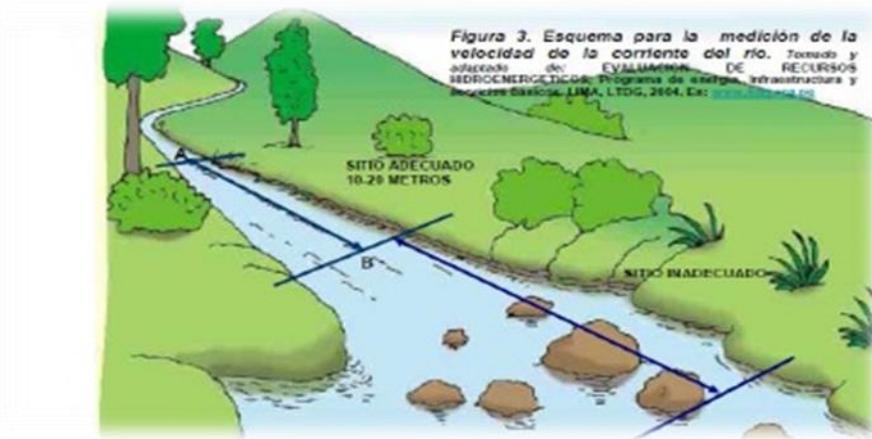


Figura 7. Medición de la velocidad de la corriente

Fuente: Imagen tomada del sitio web:

<https://htmlimg3.scribdassets.com/8n0mmc3ebkdmz1q/images/1-a254fd19cc.jpg>

SEGUNDO PASO

8.5.3 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD

En el tramo seleccionado se ubicaron dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y luego se midió la distancia; y se ubicó una persona en el punto A con el flotador y otra en el punto B con el reloj o cronómetro; para medir el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B.

Se recomienda realizar un mínimo de 3 mediciones y calcular el promedio. Supongamos que el promedio del tiempo de recorrido fue de 8 segundos. La velocidad de la corriente del agua de la microcuenca se calcula con base en la siguiente ecuación.

Velocidad= Distancia (A-B) ÷ Tiempo de recorrido,

Velocidad = $12 \div 8 = 1,5$ m/s

TERCER PASO

8.5.4 MEDICIÓN DEL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL RÍO

En el tramo seleccionado, se ubico el ancho del río que presentaba las condiciones promedio y en la que se facilitaba la medición del área transversal.

Un método práctico, con aceptable aproximación para calcular el área transversal, es tomar la altura promedio.

Esto consiste en dividir el ancho del río, en por lo menos tres partes, y medir la profundidad encada punto para luego calcular el promedio.

Una vez se ha determinado el valor promedio de la profundidad, se procede a realizar la medición del ancho del río.

El área de la sección transversal AT del río se calcula con base en la siguiente ecuación:

AT = Ancho x Profundidad Promedio = hm x Área; (Ecuación Para nuestro ejemplo)

MEDICIÓN DEL ANCHO DEL RIO

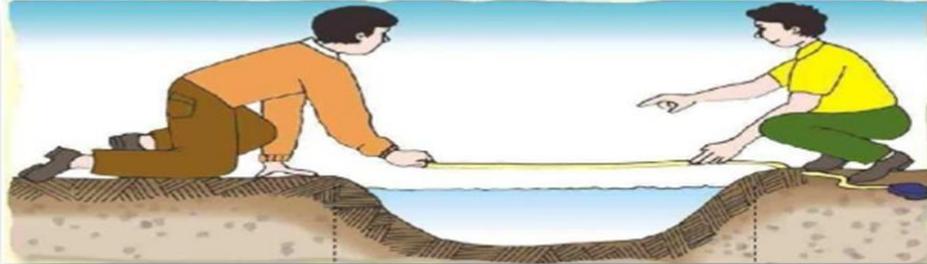


Figura 8. Medición del ancho del río.

Fuente: Imagen tomada del sitio web:

<https://htmlimg3.scribdassets.com/8n0mmc3ebkdmz1q/images/3-207a05ec23.jpg>

MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL RIO

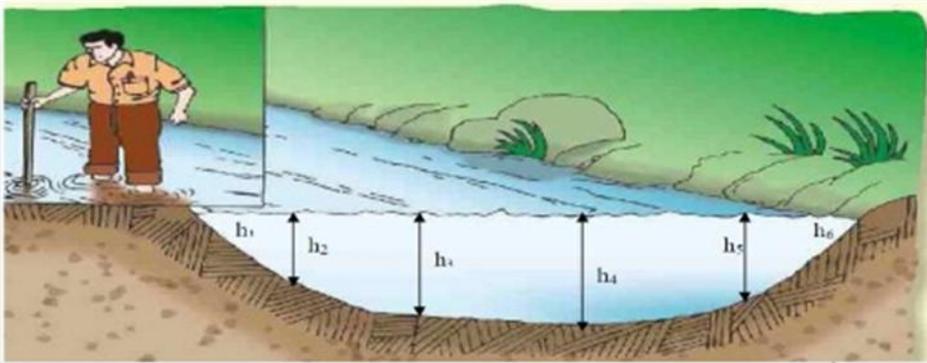


Figura 9. Esquema de la medición de la profundidad del río.

Fuente: Imagen tomada del sitio web:

<https://htmlimg3.scribdassets.com/8n0mmc3ebkdmz1q/images/4-528b1c02c3.jpg>

CUARTO PASO

8.5.5 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL RÍO

Con los datos obtenidos se procede a calcular el caudal del río; con base en la siguiente ecuación

$$QR \text{ (m}^3\text{/s)} = \text{Velocidad (m/s)} \times \text{Área (m}^2\text{)}$$

8.5.6 RESULTADOS DEL PROCESO DE MONITOREO

CAUDAL EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA BANDERAS

CLIMA: Normal sin precipitaciones

PUNTO #2 TOMA: parte media de la microcuenca.

ANCHO: 0.85m

LARGO: 1.00m

Tabla 3.CALCULO DEL AREA DE LA SECCION

N ^o	Profundidad (m)
H 1	0.05
H 2	0.07
H 3	0.09
H 4	0.08
ANCHO	0.85m
AREA (m ²)	0.063m ²

Fuente: Autora

Tabla 4.CALCULO DE LA VELOCIDAD (S)

Tiempo	
T1	02.10
T2	01.81
T3	01.66
T4	01.79
T5	01.23
T6	01.35
T7	01.81
T8	01.55
T9	01.12
PROMEDIO (s)	1.60
LARGO (m)	1.00
Velocidad (m/s)	0.625

Fuente: Autora

CALCULO DEL CAUDAL (L/S)

$$A1 = \frac{0.07m + 0.05m}{2} * 0.28$$

$$A1 = 0.0168m^2$$

$$A2 = \frac{0.09m + 0.07m}{2} * 0.28$$

$$A2 = 0.0224m^2$$

$$A3 = \frac{0.08m+0.09m}{2} * 0.28$$

$$A3 = 0.0238m^2$$

Sumatoria de las áreas 0.063m²

Sumatoria de las áreas 0.063m²

Velocidad

$$x = \frac{1m}{1.60 s} = 0.625m/s$$

Caudal

Caudal = AREA * VELOCIDAD

$$Q = 0.063m^2 * 0.625m/s$$

$$Q = 0.039375m^3$$

$$Q = 39.37 l/s$$

El caudal de la parte media de la quebrada Banderas, es de 39.37 l/s; en las coordenadas: N 01° 58,175' O 076° 14,134' altura: 1915 metros sobre el nivel del mar.

8.6 MUESTREO DE MACROINVERTERADOS



Figura 10. Colecta de Macroinvertebrados

Fuente: Autora

8.6.1 COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

Las muestras de macroinvertebrados se colectaron en el centro y margen de cada estación en un área de 1m² con una red surber en contra corriente, expuesta durante 10 minutos con el propósito de impedir la colmatación de la red; de igual manera se colectaron los individuos asociados a sustratos pedregosos, y arena que componían el lecho fluvial de cada tramo estudiado, este procedimiento fue repetido tres veces según la metodología propuesta por (Roldan, 2003).

8.6.2. SEPARACION, ALMACENAMIENTO, E IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS.



Figura 11. Separación de Macroinvertebrados acuáticos

Fuente: Autora

Los macroinvertebrados colectados se depositaron en frascos debidamente rotulados, con alcohol para la preservación de los organismos, y para su posterior identificación y clasificación taxonómica.

Tabla 5.ESQUEMA DEL ROTULO PARA LA IDENTIFICACION DE LOS MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS.

**ROTULOS PARA MUESTRAS DE
MACROINVERTEBRADOS**

QUEBRADA:
ESTACION :
FECHA :

Fuente: Autora



Figura 12. Muestras de Macroinvertebrados debidamente rotuladas

Fuente: Autora

8.6.3 PROCESAMIENTO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Los especímenes colectados fueron llevados al laboratorio de Biología de la Universidad de la Amazonia, para realizar el debido procesamiento de los individuos; se inició depositando la muestra en una bandeja plástica de color blanco para favorecer la separación por el contraste de su color, en algunos casos fue necesario el tamizado y lavado. Finalmente, los especímenes se conservaron en alcohol al 80%. Los organismos encontrados fueron separados por órdenes, contados y determinados (al mayor nivel de resolución taxonómica posible). La identificación y conteo se llevó a cabo empleando un estereoscopio binocular Olympus SZX9 con 20X y 40X. Las determinaciones se realizaron con base en las claves taxonómicas propuestas por Domínguez & Fernández (2009), (Domínguez *et al.* 2006) y (Domínguez *et al.* 2009)



Figura 13. Algunos de los Macroinvertebrados colectados en la quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 14. Algunos de los Macroinvertebrados colectados en la quebrada Banderas

Fuente: Autora

8.6.4 MATERIALES Y EQUIPOS

1. Pinceles punta fina
2. Bandejas blancas, para que facilite la identificación de los organismos
3. Pinzas metálicas
4. Alcohol
5. Marcadores sharpie
6. Red surber
7. Cinta de enmascarar
8. frascos
9. Bolsas herméticas
10. Colador
11. Cajas de petri
12. Estereoscopio binocular Olympus SZX9 con 20X y 40X.

8.6.5 ANALISIS DE LA INFORMACION

El análisis de los datos se hizo de manera cualitativa, teniendo en cuenta la teoría del River Continuum de (Vannote *et al.* 1980); La estadística se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA, multifactorial) evaluando dos factores Época (seca y lluvias) y Quebradas helechuzal y banderas, para determinar las diferencias significativas entre abundancia, la riqueza y familias.

9. RESULTADOS

En la tabla 6 se presentan los valores obtenidos de caudal de las quebradas Helechuzal, y Banderas en cada una de las fechas en que se realizaron los muestreos.

Tabla 6. PROMEDIO DEL CAUDAL EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.

Fechas de Muestreo		Caudal	
		Helechuzal	Banderas
PREMUESTREO	26 de septiembre	155L/s	45.90L/s
PRIMER MUESTREO	23 de noviembre	148L/s	39L/s
SEGUNDO MUESTREO	30 de noviembre	163L/s	50.92L/s
TECER MUESTREO	12 de diciembre	210L/s	65.7L/s

Fuente: Autora

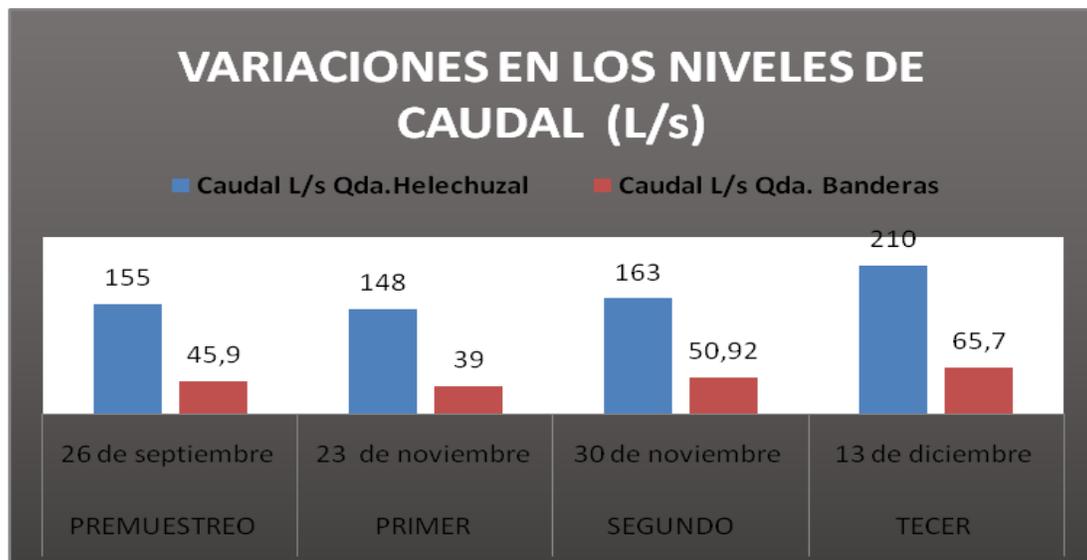


Figura 15. Variaciones de caudal en las quebradas Helechuzal y Banderas

Fuente: Autora

De acuerdo a los datos obtenidos de caudal, en cada una de las Quebradas se observa algunas variaciones, teniendo en cuenta que en el premuestreo y primer muestreo, se presentaron picos bajos en la quebrada Banderas, con respecto a la Helechuzal; resaltando que esta quebrada obtuvo un incremento en el nivel de agua, a partir del segundo muestreo; presentando el pico más alto en el tercer muestreo realizado el (12 de diciembre), en donde se iniciaba la primera época de lluvias. Estas variaciones coincidieron con las fuertes precipitaciones que se presentaron en el área de estudio (figura ,15).

Tabla 7. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE VERANO (SEPTIEMBRE 26 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Helechuzal			
					Alta	Media	Baja	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	<i>Leptohyphes sp.</i>		2	4	
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria sp1</i>	1		53	
		Odonata	<i>Libellulidae</i>	<i>sp1.</i>		1		
			<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina sp.</i>		2	3	
			<i>Gomphidae</i>	<i>Cf. Progomphus sp.</i>	1		1	
			<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>	1		3	
			Hemiptera (Heteroptera)	<i>Naucoridae</i>	<i>Limnocoris sp.</i>		1	4
			Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>	3	25	17
			Tricoptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	18	88	28
			Crustacea Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>	6		1
Riqueza de especies					6	6	9	
Abundancia de individuos					30	119	114	

Fuente: Autora

La microcuenca de la Quebrada Helechuzal, posee una elevada abundancia de organismos en su parte media y baja, registrando un total de 263 individuos, pertenecientes a siete ordenes; los cuales plecoptera, Neuroptera, y tricoptera se destacaron por su gran abundancia de macroinvertebrados (tabla, 7). De igual manera en la parte media se presentó mayor abundancia de macroinvertebrados, y en la parte baja mayor riqueza, por lo que esto se determina en gran parte por las características ecológicas del medio.

Es de resaltar que en la parte alta de la Quebrada Helechuzal, se encontró muy pocas especies de macroinvertebrados, (tablas 7 y 8), en relación con la quebrada Banderas; posiblemente esto se deba a la presencia de peces en esta zona, que se alimentan de los macroinvertebrados; y a su vez los peces son presa fácil de los cangrejos, por lo que se observa un claro ejemplo de la cadena trófica en este ecosistema, y se resalta la importancia de conservar y preservar estos ambientes ya que albergan gran diversidad de especies que contribuyen a la regulación y funcionamiento de la energía sostenible en sistema biológico.

Tabla 8. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE VERANO (NOVIEMBRE, 23 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Helechuzal		
					Alta	Media	Baja
		Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	<i>Leptohyphes sp.</i>			1
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria sp1.</i>			35
			<i>Libellulidae</i>	<i>sp1.</i>	1	1	7
		Odonata	<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina sp.</i>			5
			<i>Gomphidae</i>	<i>Cf. Progomphus sp.</i>			1
Arthropoda	Insecta		<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>			1
		Hemiptera (Heteroptera)	<i>Naucoridae</i>	<i>Cryphocricos sp.</i>	1	1	6
		Coleoptera	<i>Elmidae</i>	<i>sp1.</i>			2
			<i>Ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>			6
		Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	18	79	21
		Lepidoptera	<i>Cf. Pyralidae</i>	<i>sp1.</i>	1		
		Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>		17	9
	Crustacea	Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>			2
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Cf. Tubificidae</i>	<i>sp1.</i>	1		
Riqueza de especies					5	4	12
Abundancia de individuos					22	98	96

Fuente: Autora

En el muestreo realizado en esta microcuenca, se colectaron un total de 216 organismos, pertenecientes a diez ordenes, destacandose Tricopetra con 79 individuos en la parte media, y Plecopetra con 35 individuos en la parte baja de la quebrada Helechuzal. Es de resaltar que se presento mayor cantidad de familias (14), siendo *Hydropsychidae*, la mas representativa en la parte media y *perlidae* en la parte baja (tabla, 8).

Tabla8.COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EPOCA DE TRANSICION DE VERANO A LLUVIAS (NOVIEMBRE, 30 DE 2014)

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca		
					Quebrada	Helechuzal	
					Alta	Media	Baja
		Odonata	<i>Libellulidae</i>	<i>sp1.</i>		2	
			<i>Gomphidae</i>	<i>Cf. Progomphus sp</i>			1
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	2	6	2
		Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	<i>Leptohyphes sp.</i>		1	2
		Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria sp1.</i>	1	1	1
		Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>		5	3
		Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	<i>Limnocoris sp.</i>		1	4
		Coleoptera	<i>Ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>			1
	Crustacea	Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>			7
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxia	<i>Cf.Tubificidae</i>	<i>Sp1.</i>		1	3
Riqueza de especies					2	7	9
Abundancia de individuos					3	17	24

Fuente: Autora

En esta época ya empezaban las primeras lluvias, por tanto los niveles de caudal habían aumentando un poco con respecto a los anteriores muestreos. Era de esperarse que la cantidad de individuos fuera a disminuir en esta época, ya que la mayoría de ellos son muy dosiles y la lluvia los podía arrasar aguas abajo, o que podrían ser presa fácil de los peces.

En este muestreo se colectaron 44 organismos, pertenecientes a nueve órdenes, siendo Tricoptera, con la familia *Hydropsychidae* el más predominante en la parte media de la quebrada Helechuzal (tabla 9). De acuerdo a estos datos obtenidos se puede concluir que la cantidad de

macroinvertebrados acuáticos esta directamente relacionada con los niveles de caudal, que se presenten en la zona.

Tabla 9. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA HELECHUZAL, EN LA PRIMERA EPOCA DE LLUVIAS (DICIEMBRE, 12 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Helechuzal		
					Alta	Media	Baja
		Odonata	<i>Libellulidae</i>	<i>sp2.</i>		5	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	<i>sp1.</i>		1	1
			<i>Dytiscidae</i>	<i>sp1.</i>		1	
			<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>		1	
	Crustacea	Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>	1		
Riqueza de especies					1	4	2
Abundancia de individuos					1	8	2

Fuente: Autora

En esta época de lluvias, el caudal fue mayor, por lo que la probabilidad de encontrar individuos era menor; lo que se puede evidenciar en la tabla (10), donde se muestra la cantidad de organismos colectados en la parte alta, media, y baja de la quebrada, los cuales fueron en total 11, pertenecientes a cuatro órdenes, y cinco familias, siendo *libellulidae* las mas predominante en la parte media de la quebrada.

Tabla 10. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE VERANO (SEPTIEMBRE 26 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Banderas			
					Alta	Media	Baja	
Arthropoda	Insecta	Odonata	<i>Libellulidae</i>	<i>sp2.</i>	1	2	3	
			<i>Gomphidae</i>	<i>Cf. Progomphus sp.</i>		3	5	
			<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>	4		2	
		(Heteroptera)	Hemiptera	<i>Veliidae</i>	<i>Rhagovelia sp.</i>		1	1
				<i>Naucoridae</i>	<i>Limnocoris sp.</i>			9
			Coleoptera	<i>Ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>	28	12	22
			Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>	2	1	
		Trichoptera		<i>Phyllopotamidae</i>	<i>Cf. Chimarra sp.</i>	6	3	1
				<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	2		
		Crustacea	Isopoda	<i>Cf. Asellidae</i>	<i>sp1.</i>		4	3
Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>		<i>sp1.</i>	5	3	2		
Riqueza de especies					7	8	9	
Abundancia de individuos					48	29	48	

Fuente: Autora

En la tabla 11, se observa cada uno de los diferentes ordenes encontrados, con sus respectivas familias y géneros; de lo cuales hay que destacar al orden coleóptera de la familia *Ptylodactylidae*, perteneciente al género *Anchytarsus sp.* quien fue el que más predominó con 28 individuos, en la parte alta y en la baja con 22 organismos. Es de resaltar que en esta quebrada la mayor riqueza de individuos se da en la parte baja y la abundancia en la parte alta y baja.

De igual manera la microcuenca de la quebrada Banderas, presento menor cantidad de macroinvertebrados acuáticos; muy posiblemente por el tipo de cobertura vegetal que esta presenta ya que es en pasturas, por lo que incide en la presencia de estos organismos.

Tabla 11. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE VERANO (NOVIEMBRE, 23 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Banderas		
					Alta	Media	Baja
			<i>Libellulidae</i>	<i>sp2.</i>		3	1
		Odonata	<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina sp.</i>	1	4	6
			<i>ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>	21	27	8
			<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>	3		
	Insecta	Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	<i>Cryphocricos sp.</i>	1		5
Arthropoda		(Heteroptera)	<i>Veliidae</i>	<i>Rhagovelia sp,</i>			1
		Coleoptera	<i>Girinidae</i>	<i>sp1.</i>		1	1
		Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	4		1
			<i>Phyllopotamidae</i>	<i>Cf. Chimarra sp.</i>	6	3	
	Crustacea	Isopoda	<i>C.f.Asellidae</i>	<i>sp1.</i>		1	1
		Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>	6	1	2
Riqueza de especies					7	7	9
Abundancia de individuos					42	40	26

Fuente: Autora

En este muestreo se colectaron 108 organismos en todas las tres estaciones, pertenecientes a seis ordenes y once familias de las cuales las mas predominante fue la *ptylodactylidae* con 27 individuos en la parte media de la quebrada (tabla, 12). La mayor abundancia se dio en la parte alta, y la riqueza en la parte baja.

Tabla 12. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EPOCA DE TRANSICION DE VERANO A LLUVIAS (NOVIEMBRE, 30 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Banderas			
					Alta	Media	Baja	
Arthropoda	Insecta	Odonata	<i>Libellulidae</i>	<i>sp2.</i>			1	
			<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina sp.</i>	1			
		Hemiptera (Heteroptera)	<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>	2	1	6	
			<i>Veliidae</i>	<i>Rhagovelia sp.</i>			1	
			<i>Naucoridae</i>	<i>Limnocoris sp.</i>			1	
			Coleoptera	<i>Ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>	17	18	6
		Trichoptera	<i>Phyllopotamidae</i>		2	3	1	
			<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	2		1	
		Crustacea	Isopoda	<i>Cf. Asellidae</i>	<i>sp1.</i>		1	
			Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	<i>sp1.</i>	3	3	2
Riqueza de especies					6	5	8	
Abundancia de individuos					27	26	19	

Fuente: Autora

En este muestreo realizado, en la época de transición de verano a lluvias, se logro evidenciar la disminución en la cantidad de individuos colectados ya que solo fueron 72, pertenecientes a seis ordenes, y diez familias las cuales las más representativas fueron *Ptylodactylidae* y *polythoridae* (tabla, 13) La mayor abundancia se presento en la parte alta.

Tabla 14. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA QUEBRADA BANDERAS, EN LA PRIMERA EPOCA DE LLUVIAS (DICIEMBRE, 12 DE 2014).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Microcuenca Quebrada Banderas		
					Alta	Media	Baja
			<i>Libellulidae</i>	<i>sp2.</i>	1		1
		Odonata	<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina sp.</i>	2	1	3
			<i>Gomphidae</i>	<i>Cf. Progomphus sp.</i>		1	3
Arthropoda	Insecta		<i>Polythoridae</i>	<i>Cf. Polythore sp.</i>	2		
		Coleoptera	<i>Ptylodactylidae</i>	<i>Anchytarsus sp.</i>	5		
		Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	<i>Leptonema sp.</i>	2	12	
		Neuroptera	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis sp.</i>	1	1	
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Cf. Tubificidae</i>	<i>sp1.</i>			1
Riqueza de especies					6	4	4
Abundancia de individuos					13	15	8

Fuente: Autora

En la primera época de lluvias en la quebrada Banderas se colectaron 36 organismos, pertenecientes a cinco órdenes, y ocho familias, siendo las mas representativas *Hydropsychidae* con 12 individuos en la parte media, y *Ptylodactylidae* en la parte alta con cinco (tabla, 14). Este fue el muestreo en donde se encontraron menor cantidad de macroinvertebrados. Posiblemente esto se deba al aumento del caudal, por las fuertes lluvias presentadas días anteriores, lo que conlleva a pensar que la mayoría de estos organismos que fabrican sus casas en las piedras fueron arrasados por la fuertes lluvias, y solo sobrevivieron unos pocos.

Tabla 13. ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS, Y MEDICION DEL PROMEDIO DEL CAUDAL, EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS

Qda. Helechuzal			Qda. Banderas		
Fechas de Muestreo	Abundancia	Caudal L.s-1	Fechas de muestreo	Abundancia	Caudal L.s-1
26/09/2014	263	155L/s	26/09/2014	125	45.90L/s
23/11/2014	216	148L/s	23/11/2014	108	39L/s
30/11/2014	44	163L/s	30/11/2014	72	50.92L/s
12/12/2014	11	210L/s	12/12/2014	36	65.7L/s

Fuente: Autor

En la tabla 15 se muestra la variación en el promedio de los niveles de caudal, en cada quebrada; teniendo en cuenta los diferentes muestreos realizados, y la cantidad de individuos asociados a esta. Es de resaltar que en la quebrada Helechuzal se encontró mayor abundancia de macroinvertebrados a diferencia de la quebrada Banderas, que la cantidad máxima de organismos en un muestreo fueron 125. De acuerdo a esto se puede deducir que el cambio en los niveles de caudal influyen en que se encuentre mayor o menor cantidad de organismos.

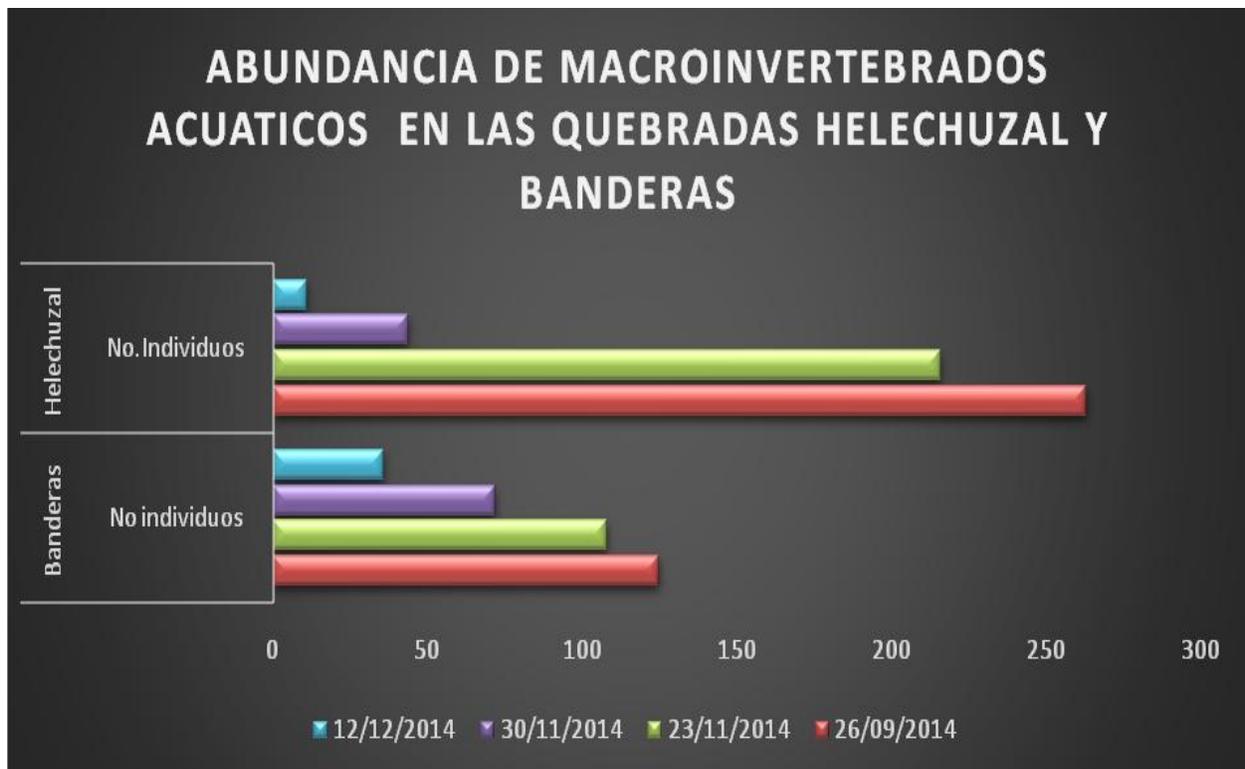


Figura 16. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos colectados, en las quebradas Helechuzal y Banderas en las épocas de verano y lluvias.

Fuente: Autora

9.1 ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

Durante los muestreos realizados en las quebradas Helechuzal y Banderas se observó mayor abundancia de organismos en las épocas de verano (septiembre, y 23 Noviembre) (figura, 16) en ambas quebradas (tabla, 15) pero predominando en la Helechuzal con un total de 534 organismos, pertenecientes a 10 órdenes y 16 familias encontradas (figura, 17) en todos los cuatro muestreos, teniendo en cuenta la época de verano y la primera de temporada de lluvias. De igual manera en la Quebrada Banderas se colectaron 341 macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 11 órdenes de los cuales 10 son compartidos con la quebrada Helechuzal y uno como lo es el orden Isopoda con la familia *C.f Asellidae* fue solo encontrado en la quebrada Banderas con una

abundancia de 10 organismos; de igual manera se encontraron 14 familias (figura,18), dos menos con respecto a la Helechuzal.

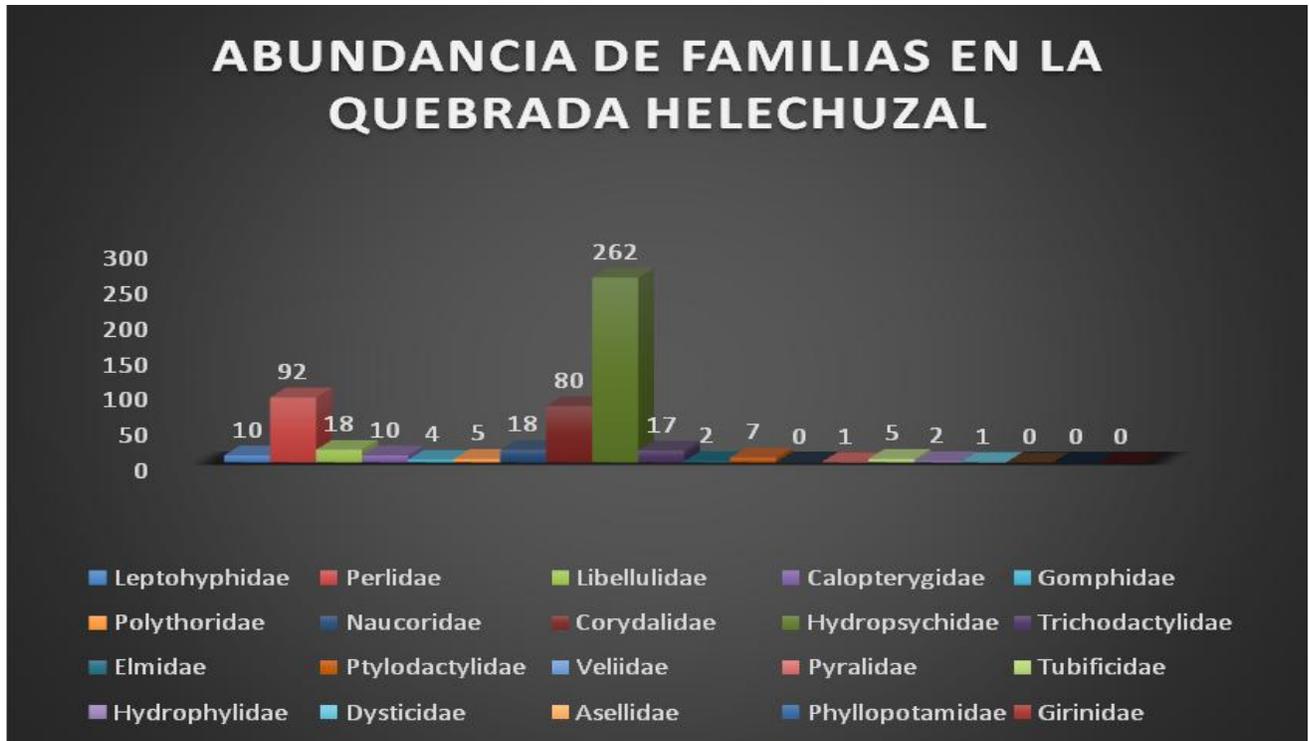


Figura 17. Abundancia de familias encontradas en la quebrada Helechuzal.

Fuente: Autora

En la quebrada Helechuzal se encontraron 16 familias,(figura,17) predominando *Hydropsychidae* con 262 organismos, seguido de *Perlidae* con 92, y *Corydalidae* con 80 organismos, es de resaltar que algunas familias como *Pyralidae*, y *Dysticidae*, fueron las que menos abundancia presentaron en los muestreos realizados; solo se colecto 1 organismo de cada familia. De igual manera también hubo ausencia de familias como *Veliidae*, *Asellidae*, *Phyllopotamidae*, y *Girinidae*.



Figura 18. Abundancia de familias encontradas en la quebrada Banderas

Fuente: Autora

En la quebrada Banderas se encontraron 14 familias, (figura,18) predominando *Ptylodactylidae* con 164 organismos, seguido de *Trichodactylidae* con 27, *Phyllopotamidae* con 25 e *Hydropsychidae* 24 organismos, es de resaltar que algunas familias como *Veliidae*, con (4) organismos, *Girinidae* (2) y *Tubificidae* con 1, fueron las que menos abundancia presentaron en los muestreos realizados; De igual manera también se observó la ausencia de familias como *Leptohyphidae*, *Perlidae*, *Elmidae*, *Pyralidae*, *Dysticidae*, e *Hydrophilidae*.

9.2 ABUNDANCIA DE TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Durante los cuatro muestreos se colectaron 875 individuos distribuidos en 11 órdenes y 20 familias; La mayor abundancia estuvo representada por las familias *Hydropsychidae*, *Ptylodactylidae*, *Corydalidae*, *Perlidae*, *Trichodactylidae*, y *Polythoridae* (Figura, 19).



Figura 19. Familias más predominantes en las quebradas Helechuzal y Banderas.

Fuente: Autora

Para establecer si existía una diferencia estadísticamente significativa entre la riqueza de las quebradas (Helechuzal, y Banderas), así como de las épocas, se usó la prueba paramétrica ANOVA multifactorial. Es decir que con la ANOVA se evaluaron dos factores como lo son la época y Quebradas, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis de Varianza para RIQUEZA.

Fuente	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES			
A:QUEBRADA	1	7,04167	0,2380
B:B.EPOCA	3	20,4861	0,0176
RESIDUOS	19	4,74342	
TOTAL (CORREGIDO)	23		

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De acuerdo con la tabla 16, donde se comparó el número de especies, es decir la riqueza entre las épocas y las quebradas, se encontró evidencia estadísticamente significativa que demuestra que la riqueza entre las épocas difiere ($p < 0,05$), por el contrario no hay evidencia estadísticamente significativa que demuestre diferencias de la riqueza entre las quebradas Helechuzal y Banderas dado que $p > 0,05$. Es decir que el factor (época) tiene un efecto sobre la riqueza con un nivel de confianza del 95%.

17. Análisis de Varianza para ABUNDANCIA.

Fuente	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
A:B.EPOCA	3	4432,15	0,0037
B:QUEBRADA	1	1552,04	0,1524
RESIDUOS	19	698,287	
TOTAL (CORREGIDO)	23		

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la Tabla 17, se comparo el número de individuos, es decir la abundancia entre las épocas (seca y lluvias) y las quebradas Banderas y Helechuzal; en donde se encontraron evidencias estadísticamente significativas, que demostraron que la abundancia entre las épocas difiere ($p < 0,05$). Por el contrario no existe evidencia estadísticamente significativa que demuestre la diferencia de la abundancia entre las quebradas Helechuzal y Banderas, dado que $p > 0,05$

Es decir que el factor (época) tiene un efecto sobre la abundancia con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 18. Análisis de Varianza para familia

Fuente	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
COVARIABLES			
No . Individuos	1	15,9323	0,4444
EFECTOS PRINCIPALES			
A:QUEBRADA H	1	79,1175	0,0897
B:A.EPOCA	3	76,7371	0,0406
C:PUNTO M	2	30,9998	0,3214
RESIDUOS	139	27,0882	
TOTAL (CORREGIDO)	146		

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En el análisis de varianza aplicado para los factores, quebradas (Helechuzal y Banderas), época (seca, y lluvias) y puntos de muestreo, (parte alta, media y baja) respecto así influyen en las diferencias de las familias encontradas, solo se encontró diferencia estadísticamente significativa para el factor época dado que $p < 0,05$; es decir que el factor época tiene un efecto significativo sobre las familias encontradas con un nivel de confianza del 95,0% (tabla 18).

Finalmente no se encontro evidencia estadísticamente significativa que demostrara que los factores quebradas (helechuzal y banderas), y los sitios de muestreo (parte alta, media y baja) influyen sobre la diferencia de las familias dado que $p > 0,05$; o en otras palabras ni los puntos de muestreo o las quebradas influyen en que haya diferencias en las familias encontradas; solo en la época.

9.3 ABUNDANCIA DE TAXONES POR GRUPO DIETARIO

En la tabla 19, se presenta la identificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos colectados, asociados a los grupos dietarios; es de resaltar que el grupo funcional que mas predomino en la quebrada Helechuzal fue el desmenuzador con 262 organismos pertenecientes a la familia *Hydropsychidae* del genero *Leptonema* sp; seguido del grupo de los depredadores

pertenecientes a la familia *Perlidae*, del genero *Anacroneuria sp1*, con 92 organismos y la familia *Corydalidae* del genero *Corydalus sp*, con 80 ; de igual manera en la quebrada Banderas se encontró a la familia *Ptylodactilidae* del genero *Anchytarsus sp* con 164 organismos que hacen parte del grupo de los colectores y de las familias *Trichodactylidae* *Polythoridae*, e *Hydropsychidae*, las cuales su grupo dietario no fue identificado.

Tabla 19. CLASIFICACION EN GRUPOS DIETARIOS DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS QUEBRADAS HELECHUZAL Y BANDERAS.

Clase	Orden	Familias	Genero	Abundancia		Grupo dietario
				Qda. Helechuzal	Qda. Banderas	
Insecta	Ephemeroptera	<i>Leptohiphidae</i>	<i>Leptohiphes</i> sp.	10	0	Colector-Recolector ²
	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	<i>Anacroneuria</i> sp1	92	0	Depredador2
			sp1	18		Depredador2
		<i>Libellulidae</i>	sp2	0	13	Depredador2
		<i>Calopterygidae</i>	<i>Hetaerina</i> sp 1.	10	18	Depredadores
	<i>C.f</i>					
	Odonata	<i>Gomphidae</i>	<i>Progomphus</i> sp	4	12	Depredador1
			<i>C.f Polythore</i> sp	5	20	N.I
		<i>Polythoridae</i>	<i>Limnocois</i> sp	10	10	Depredador1
			<i>Cryphocricos</i> sp	8	6	Depredador1
	Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	<i>Rhagovelia</i> sp	0	4	Colector2
			<i>Veliidae</i> sp			Colector2
	Neuróptero	<i>Corydalidae</i>	<i>Corydalis</i> sp	80	5	Depredador ¹
		<i>Elmidae</i>	sp1	2	0	Colector
	Coleoptera	<i>Ptylodactilidae</i>	<i>Anchytarsus</i> sp	7	164	Colector-Recolector2
			sp1.	2	0	Depredadores
		<i>Dysticidae</i>	sp1	1	0	Depredadores2
		<i>Girinidae</i>	sp1.	0	2	N.I
		<i>Leptonema</i>		262	24	
	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	sp.			Desmenuzador
<i>Phyllopotamidae</i>		<i>C.f Chimarra</i> sp	0	25	Colector ²	
	Lepidoptera	<i>Pyralidae</i>	sp1	1	0	se alimentan de algas
Isopoda		<i>Asellidae</i>	sp1	0	10	Colector
Crustacea	Decapoda	<i>Trichodactylidae</i>	sp1	17	27	N.I
Oligochaeta	Haplotaxia	<i>Tubificidae</i>	sp1	5	1	Recolector ³

Fuente: Autora

Clasificados según Merrit y Cummins, ²Clasificados según Chara-Serna *et al*³Segun Pérez *et al* N.I.: Sin información.

10. DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos, es de resaltar que en la parte alta de la Quebrada Helechuzal, se encontró muy pocas especies de macroinvertebrados, en relación con la quebrada Banderas; posiblemente esto se deba a la presencia de peces en esta zona, que se alimentan de los macroinvertebrados; y a su vez los peces son presa fácil de los cangrejos, por lo que se observa un claro ejemplo de la cadena trófica en este ecosistema, y se resalta la importancia de conservar y preservar estos ambientes ya que albergan gran diversidad de especies que contribuyen a la regulación y funcionamiento de la energía sostenible en sistema biológico.

Al transcurrir esta quebrada aguas abajo el caudal va aumentando en 20 cm de diferencia con la parte alta, y se observa presencia de rocas de gran tamaño; además gran abundancia de macroinvertebrados como: Efemerópteros, plecópteros, tricópteros, etc y los conocidos chanchos que abundaron en la zona; en la parte baja el terreno no es intervenido y las rocas son de tamaño mediano, el caudal sigue siendo mayor, y la presencia de macroinvertebrados es de menor diversidad, pero mayor abundancia, resaltando a la efemerópteros, y chanchos como grupos dominante de la zona.

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza, se puede decir que el cambio de época (seca y lluvias) influyo en la abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos, encontrándose diferencias significativas, en estos. Por el contrario al comparar las quebradas Helechuzal y Banderas, no se presentaron diferencias significativas en cuanto a los puntos de muestreo, abundancia, riqueza y familias.

De igual manera (Rivera, 2004) afirma que los fondos arenosos albergan pocas especies, con pocos individuos por especie, característica que predomina en la quebrada Banderas donde se encontró una baja cantidad de organismos en el transcurso de las diferentes estaciones; mientras que la quebrada Helechuzal presentaba fondos pedregosos, los cuales suelen ser más ricos, en especial cuando las rocas son grandes y finalmente cuando hay vegetación la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la fauna de otros sustratos. Además, Burdet & Watts (2009) argumentan que los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos.

Es de resaltar que la quebrada Bandera fue la que presentó menor abundancia de macroinvertebrados acuáticos, y también un estado moderado de intervención antrópica por las actividades agrícolas que se desarrollan en este lugar, lo que está ligado directamente con la variación del hábitat de los macroinvertebrados acuáticos, haciendo que tengan que adaptarse a las nuevas condiciones y muchos de ellos mueren en este proceso.

Los aportes que se dan por actividades agrícolas se incrementan en las épocas de lluvia, discurriendo agua por dichas zonas lavando los agroquímicos haciendo de aporte respectivo por las lluvias al cuerpo de agua. Lo que afecta las características fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico.

Lo anterior puede variar según la región, el tipo de sistema, las características de la cuenca y el régimen de lluvias. Esta variación se evidencia en la disponibilidad y tipo de hábitat Zúñiga & Cardona (2009), alimento y refugio para los diferentes grupos de organismos que dependen del material alóctono (hojarasca principalmente) proveniente de las áreas boscosas específicamente de las partes altas en ríos de montaña (Vannote, *et al.* 1980). Por otro lado, los sistemas de las

zonas de llanura en las partes bajas, específicamente las zonas de la región amazónica, presentan Toma de muestras de temperatura, río San Pedro, municipio de Colón (Junk, *et al.*1989), en donde la entrada, descomposición y procesamiento de la materia orgánica alóctona es la base trófica fundamental para los organismos Beltrán & Tolosa (2003) Currea & Dereser (2006); (Rueda & Delgado *et al.* 2006).

Consecuentemente, los organismos se distribuyen a lo largo de un sistema acuático dependiendo de las condiciones que se presenten en cada hábitat, de modo que las adaptaciones morfo-comportamentales de los macroinvertebrados en aguas corrientes reflejan el tipo y ubicación de los recursos alimenticios según el orden del río (River Continuum Concept- RCC) Currea & Dereser (2006); (Vannote *et al.*1980). Así, en las cabeceras de los ríos de montaña predominan los grupos trituradores, en donde hay mayor presencia de material grueso (hojarasca), seguido del material particulado que se encuentra más abajo (cuenca media) en donde predominan los grupos raspadores y filtradores, para finalmente encontrar grupos colectores y detritívoros que predominan en la zona baja del curso acuático Currea & Dereser (2006); (Vannote, *et al.*1980).

De acuerdo a lo anterior en la quebrada Helechuzal se observó que el grupo dietario que más predominó fue el desmenuzador con 262 organismos pertenecientes a la familia *Hydropsychidae* del género *Leptonema* sp; estos organismos se encontraron en la parte alta de la quebrada lo que caracteriza según la teoría del continuo del río que son las zonas donde hay mayor cantidad de materia orgánica gruesa, y que ellos cumplen la función de fragmentarla en partículas más finas para facilitar la disposición de este alimento a otros macroinvertebrados. De igual manera en el trascurso del río aguas abajo, se encontraron los depredadores, y colectores quienes hacen parte de la estructura funcional y organizacional del ecosistema, permitiéndole mantener un desarrollo sostenible en el ambiente.

Del mismo modo en la quebrada Banderas, el grupo dietario que más predominó fue el de los colectores de la familia *Ptylodactylidae*, del género *Anchytarsus* sp con 164 organismos y el grupo de los desmenuzadores con la familia *Hydropsychidae*, a su vez en las familias *Polythoridae*, y *Trichodactylidae*, no fue identificado su grupo dietario; pero es de resaltar que los *Trichodactylidae* se presentaron con mayor abundancia en esta quebrada a diferencia de la Helechuzal, ellos cumplen una función en los ecosistemas, ya que aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica, con lo que contribuyen a la limpieza de las aguas.

Teniendo en cuenta lo anterior, en cada grupo funcional pueden existir miembros de distintos niveles tróficos de acuerdo con la naturaleza de la materia orgánica consumida, lo cual indica que el mismo mecanismo de adquisición de alimento, les permitirá ingerir un amplio rango de recursos. Estos organismos han desarrollado diferentes maneras de explotar sus fuentes de energía, lo cual les permite adaptarse exitosamente a varios tipos de hábitats acuáticos.

Todo esto es un intento por demostrar que los ríos no son ecosistemas aislados sino que mantienen una interacción constante con los ecosistemas ribereños (Vannote *et al.* 1980). Estos a su vez son biosistemas integrados que actúan conjuntamente para mantener el equilibrio del medio acuático, los cuales están conformados por los macroinvertebrados acuáticos, quienes desempeñan un papel relevante en el reciclamiento de nutrientes y flujo de energía; estos organismos son diversos, y abundantes pues cumplen roles diferentes en los ecosistemas; en el suelo, son muy importantes porque descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes; así mismo ejercen efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo, y en consecuencia, influyen en el ciclo de la materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas.

De igual manera los macroinvertebrados contribuyen al desarrollo sostenible del ecosistema, ya que son parte valiosa de la cadena trófica, especialmente para los peces y aves. Dada su abundancia y posición como intermediarios en la cadena alimenticia acuática, el bentos juega un rol crítico en el flujo natural de energía y nutrientes; en vida sirven de alimento para peces y al morir aportan nutrientes que pueden ser reutilizados por plantas y otros animales.

A diferencia de los peces, los macroinvertebrados bentónicos no tienen la misma habilidad de moverse rápidamente en largas longitudes, por ello son más susceptibles a los efectos de sedimentos y otros contaminantes que disminuyen la calidad del agua.

Así, el bentos puede aportar información valiosa acerca de la calidad de los cuerpos de agua, sus largos ciclos de vida son útiles para determinar cualquier declive en la calidad del ecosistema. Siendo estos organismos un claro ejemplo de la importancia de los biosistemas integrados en los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres.

Es de resaltar que los macroinvertebrados son fundamentales en las cadenas tróficas, ya que sirven como alimento a peces, aves y anfibios especialmente en los periodos de reproducción y migración; generando una alta productividad en los ecosistemas acuáticos; y de esta manera aportando biodiversidad en los ecosistemas permitiendo así el desarrollo sostenible de la vida en aguas dulces; resaltando que el desarrollo sostenible es el equilibrio social, ambiental, y económico de una región; y que cuya meta, debe ser la de conciliar el crecimiento económico para la población en general, presente y futura con la renovabilidad y manejo de los recursos naturales

11. CONCLUSIONES

- ✓ Se comprobó mediante el análisis estadístico que las épocas (seca y lluvias) de muestreo, si influyen en la abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos.
- ✓ Las características ecológicas de las quebradas Helechuzal y Banderas no influyen de manera significativa en la abundancia de los macroinvertebrados.
- ✓ Estadísticamente se encontró diferencias significativas en las familias, con respecto a las épocas.
- ✓ Es necesario avanzar en investigaciones que busquen analizar la influencia del bosque ribereño como amortiguador de impactos de la ganadería y agricultura en la región.
- ✓ La microcuenca de la quebrada Helechuzal es fundamental para el abastecimiento de agua al acueducto de la parte urbana del municipio al igual que de los sectores rurales dentro de su área de influencia, a pesar de ello se destaca que muchos de sus nacimientos y aljibes no son permanentes, son de tipo estacional y se alimentan de la acumulación de depósitos de aguas lluvias en el subsuelo.
- ✓ Reconocer la importancia que tienen los macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y de los grandes impactos en el ecosistema.
- ✓ Promover la reforestación con especies nativas como alternativa que beneficia a la fauna y flora acuática.

- ✓ El estado ecológico de la calidad del agua, y del cauce pueden garantizar condiciones de desarrollo sostenible para las personas, comunidades, y para el funcionamiento de los ecosistemas.

- ✓ La estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la parte alta de la quebrada Helechuzal está dominada por el grupo dietario desmenuzador, y en la quebrada Banderas por los colectores-recolectores.

- ✓ La abundancia de los grupos dietarios varía en los diferentes tramos de las quebradas, siendo más abundantes los colectores filtradores en las zonas boscosas, mientras que los desmenuzadores y depredadores mantienen una presencia constante en las dos quebradas.

- ✓ Se logró conocer algunas de las especies de macroinvertebrados presentes a lo largo de las quebradas Helechuzal y Banderas durante el muestreo se establecieron órdenes y familias que pueden ser base para nuevos estudios de ecología de la región.

- ✓ Es importante crear conciencia ambiental en la comunidad, e involucrarla en la conservación y preservación de estos ecosistemas como fuente de vida.

- ✓ Las comunidades de macroinvertebrados pueden variar en el tiempo y en el espacio, pues su diversidad se relaciona con la concentración de nutrientes y productividad del ecosistema.

12. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios periódicos de calidad de agua mediante macroinvertebrados acuáticos por su alta capacidad de bioindicación y de esta manera obtener información de los cambios favorables o desfavorables que se hayan presentado y que presentan en el transcurso del tiempo.

- Realizar actividades de gestión de manejo que vinculen a los pobladores y a las entidades encargadas del manejo de los recursos naturales en la zona es necesario como parte de la recuperación de esta importante fuente hídrica.

- Crear estrategias que permitan evitar la intensa y permanente erosión que afecta las zonas de estudio, debido a los continuos procesos de tala y quema en sus alrededores.

- Hacer un estudio cuantitativo de las variaciones espaciales de los macroinvertebrados acuáticos en las quebradas Helechuzal y Banderas.

13. ANEXOS

Anexo A. Cobertura vegetal presente en la quebrada Helechuzal y el Banderas



Figura 1. Quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 2. Quebrada Bandera

Fuente: Autora



Figura 3 .Quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 4. Quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 5. Quebrada Bandera

Fuente: Autora

Anexo B. Muestreo de Macroinvertebrados



Figura 6. Colecta de Macroinvertebrados con red surber.

Fuente: Autora



Figura 7. Muestreo en la quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 8. Identificación de Macroinvertebrados acuáticos

Fuente: Autora

Anexo C. Mediciones de Caudal



Figura 9. Medición de caudal en la quebrada Banderas

Fuente: Autora



Figura 10. Midiendo el tiempo con el pin pon para calcular el caudal

Fuente: Autora



Figura 11. Medición de caudal en la quebrada Helechuzal

Fuente: Autora



Figura 12. Quebrada Bandera

Fuente: Autora

Anexo D

Registro fotográfico de macroinvertebrados colectados en las Quebradas Helechuzal y Banderas.
Noviembre-diciembre de 2014



Orden Ephemeroptera
Familia Leptohyphidae
Leptohyphes sp.

Fuente: Autora



Orden Odonata
Familia Gomphidae
Cf. *Progomphus* sp.

Fuente: Autora



Orden Odonata
Familia Libellulidae sp1.

Fuente: Autora



Orden Odonata
Familia Calopterygidae
Hetaerina sp.

Fuente: Autora



Orden Odonata
Familia Polythoridae
Cf. *Polythorus* sp.

Fuente: Autora



Orden Plecoptera
Familia Perlidae
Anacroneuria sp.

Fuente: Autora



Orden Hemiptera
Familia Veliidae
Rhagovelia sp,

Fuente:Autora



Orden Hemiptera
Familia Naucoridae
Limnocris sp.

Fuente: Autora



Orden Neuroptera
Familia Corydalidae
Corydalis sp,

Fuente: Autora



Orden Lepidoptera
Familia Cf. Pyralidae

Fuente: Autora



Orden Trichoptera
Familia Hydropsychidae

Leptonema sp.

Fuente: Autora



Orden Trichoptera
Familia Phyllopotamidae

Cf. *Chimarra* sp.

Fuente: Autora



Orden Coleoptera
Familia Hydrophilidae sp.
Fuente: Autora



Orden Coleoptera
Familia Girinidae
Fuente : Autora



Orden Coleoptera
Familia Pytloactylidae
Anchitarsus sp.
Fuente: Autora



Orden Isopoda
Familia Cf. Asellidae
Fuente: Autora



Orden Decapoda
Familia Trichodactylidae
Fuente: Autora



Orden Haplotaxida
Familia Cf. Tubificidae
Fuente: Autora

14. BIBLIOGRAFIA

1. Alba-Tercedor, J. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basados en el de Hellawell (1978). *Limnética*, 4: 51-56.
2. Allan, J.D. (1995). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall, London.
3. Ballesteros, Y. V; M. del C. Zúñiga de Cardoso & A. M. Rojas de Hernández. (1997). Distribution and Structure of the order Trichoptera in various drainages of the Cauca River basin, Colombia, and their relationship to water quality. Pp. 19-23. Proceedings 8^o International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey.
4. Bernal, E; García, D; Novoa, M & Pinzón, A. (2005). Caracterización de la Comunidad De Macroinvertebrados de La Quebrada Paloblanco de La Cuenca Del Río Otún (Risaralda, Colombia) Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
5. Bonada, N.; N. Prat; V. H. Resh & B. Statzner. (2006). Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 495– 523.
6. Boothroyd, Quinn, E. Langer, K. Costley & G. Steward. (2004). Riparian buffers mitigate effects of pine plantation logging on New Zeland streams 1. Riparian vegetation structure, stream geomorphology and periphyton. *Forest Ecology and Management* 194: 199–213.
7. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (CAM)

8. Contreras, Jairo; Roldán, G; Arango, A & Álvarez, L. F. (2004). Evaluación de la calidad del agua de las Microcuencas La Laucha, La Lejía y La Rastrojera utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores, Municipio de Durania, Departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Académica Colombiana de ciencias*. 32(123): 171-193, 2008.
9. Corbacho, C., J.M. Sánchez & E. Costillo. (2003). Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agriculture landscapes of a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Universidad de Extremadura. Extremadura, 13: 495-507.
10. Cubillo F., Casado, C. & Castillo, V. (1990). Caudales Ecológicos. Estudio de regímenes de caudales mínimos en los cauces de la Comunidad de Madrid. Cuadernos Madrileños de Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, 305 pp. I.S.B.N.: 84-451-0249-4.
11. Cummins, K. W. (1973). Trophic relation of aquatic insects. *Ann. Rev. of stream Ecosystems*. *Bioscience* 24 (11):631- 641.
12. Cummins, K.W. and Klug, J. Michael. (1979). Feeding Ecology of streams invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst* 10:147-172.
13. Clements, W.H. y M.C. Newman. (2002). *Community ecotoxicology*. John Wiley and Sons. Chichester, Reino Unido. 336 pp.
14. Christie, C & Smol, J. (1993). Diatom Assemblages as Indicators of Lake Trophic Status in Southeastern Ontario Lakes. *J. Phycol.* 29: 575-586.

15. Charles, V & Schaefer, Jr.(2008). Stevens Institute of Technology. The Center for Innovation in Engineering and Science Education. Copyright all rights reserved. Disponible en: <http://www.ciese.org/curriculum/diproj2/es/fieldbook/oxigeno.shtml>
16. Cruz, L & Andrade, M. (2005). Evaluación físico química y de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en la Microcuenca el Caraño (Quibdo- Chocó). Revista Institucional. Universidad Tecnológica del Chocó. (22):30-36.
17. Demoulin, G. (1966). Contribution a L'Etude del Ephemeropteres du Surinam. Bull. Inst. Sci. Nat. Belg. 42(37): 1-22.
18. Edmunds, G. F & Traver, J. R. (1954). Ann outline of a reclassification of the Ephemeroptera. Proc. Entomol. Soc. Wash. 56:236-240.
19. Enríquez, P; Leiva, M; López, M. V; López, M. A; Molina, M; Mora, A; Olmedo, M; Pardo, R; Peñaloza, R; Rodríguez, L; Sabando, M & Vila, I. (2006). Manual de evaluación de calidad de agua. Santiago de Chile. Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.104 p.
20. Fernández, L. R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental. N0 39.
21. Figueroa, R.; C. Valdovinos, E. Araya, & O. Parra. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 76:275-285.
22. Fossati, O; J. Wasson; C. Héry; G. Salinas & R. Marín. (2001). Impact of sediment releases on water chemistry and macroinvertebrate communities in clear water Andean streams (Bolivia). Arch. Hydrobiol. 151(1): 33-50.

23. Fundación Natura y CEPLAES. 1992
24. Flory, E. & A. M. Milner. (1999). Influence of riparian vegetation on invertebrate assemblages in a recent formed stream em Glacier Bay National Park, Alaska. *Journal of the North American Benthological Society* 18: 261–273.
25. Franco, L. J; G. A. de la Cruz, Cruz, A.G; Rocha, A.R; Navarrete, N.S; Flores, G.M; Kato, E.M; Colón, S.C; Abarca, L.A. & Bedia, C.S. (1989). Manual de ecología. Trillas, México. 266 pp.
26. Giller, P.S. & B. Malmqvist. (1998). The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press (eds). Oxford, 308 p.
27. Guerrero, F; Manjarrés, A & Núñez, N. (2003). Los Macroinvertebrados Bentónicos de Pozo Azul (Cuenca Del Río Gaira, Colombia) y su relación con la Calidad del Agua. *Acta biológica Colombiana*. Vol 8 (2): 43-55.
28. Gong, Z. J., Xie, P., & Wang, S. D. (2000). Macrozoobentos in 2 shallow, mesotrophic Chinese lakes with contrasting sources of primary production. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(4), 709-724.
29. Hauer, F. & Lamberte, G. (eds). (1996). Stream Ecology. Academic Press, Inc. San Diego, California. 674 p.
30. Hart, D.D.(1983). The irnportance of competitive interactions within stream population and communities. In: *Stream Ecology* (J.R. BARNES & G.W. MINSHALL, eds.) 99-136. Plenum Press. New York.

31. Hawkins, C.P. & J.R. Sedell. (1981). Longitudinal and seasonal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in four Oregon streams. *Ecology*, 62:387-397.
32. IVERSEN, T.M. (1988). Secondary production and trophic relationships in a spring invertebrate community. *Limnol. Oceanogr.* 3: 582-592.
33. Hellawell, J. M. (1986). Biological indicators of Pollution and Environmental Management. Elsevier Applied Science. New York. 546 pp.
34. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. (2008). "Estudio nacional del agua." Bogotá.
35. Jacobsen, D.; R. Schultz & A. Encalada. (1997). Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwat. Biol.* 38: 247-261.
36. Jaime, P. Alberto. (2001). UNITED STATES – MEXICO SYMPOSIUM ON THE COLORADO RIVER DELTA. Régimen Ecológico Para El Río Colorado. Comisión Nacional del Agua. México. En: <http://www.ibwc.state.gov/FAO/CRDS0901/Presentations.pdf>
37. Jaramilo, J.C. (2006). Estudios de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el área del Embalse PORCE II y su relación con la calidad del agua. *Revista de ingenierías Universidad de Medellín.* 11(5):45–58.
38. Jiménez, H .L .M.2002. La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio 75 pp.

39. Kelly, M & Whitton, B. (1995). The Trofic Diatom Index: a New Index for Monitoring Eutrofication in River. *Journal of Applied Phycology* 7:433-444.
40. Kolkwit, R & Marsson, M. (1909). Okologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasser beurteilung. *Internacionale der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-52. In: Hauer F. R. and G. A. Lambety. Eds.1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic Press.
41. Lampert, W. & Sommer, U. (2007). *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. 2da Ed. Oxford University Street. Nueva York. 324 p.
42. Lamberti, G. A. and J. W. Moore. (1984). Aquatic insects as primary consumer. In: Resh, V.H. and D. M. Rosemberg (eds). *The Ecology of Acuatic insects*. Praeger. New York. 625 pp.
43. Latha, C., & Thanga, V. S. (2010). Macroinvertebrate diversity of Veli and Kadinamkulam lakes, South Kerala, India. *Journal of Environmental Biology*, 31(4), 543-547.
44. Lestage, J. A. (1929). Contribution à létude des larves des Ephéméroptères V. Les larves à trachéo-branchies ventrales. *Annales et Bulletin de la Société Entomologique de Belgique*. 69:433-440.
45. Lyon, J. & N. Gross. (2005). Patterns of plan diversity and plant–environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology and Management* 204: 267–278.
46. Machado, T.; A. Urán, J. Ramírez, G. Lenis, A. Wills, N. Villegas, M. Blandón, & M. González. (1997). Aspecto Biológico y Físicoquímico del río Medellín. Estado Social,

Económico y Ambiental del Río Medellín. Tomo I. Instituto Mi Río Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

47. MAVDT. (2004). "Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia." Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, ed.
48. Mccaferty, W. P. (1981). *Aquatic Entomology*, Science books international, Boston.
49. Monaghan, K. A.; M. P. Peck, P. A. Brewin, M. Masiero, E. Zarate, P. Turcotte, & S. J. Ormerod. (2000). Macroinvertebrate distribution in Ecuadorian hill streams: the effects of Altitude and land use. *Arch. Hydrobiol.* 149(3): 421-440.
50. Merrit R. W; Cummins K. W & T.M. Burton.(1984).The role of aquatic insect in the processing and cycling of nutrients,134-163.The ecology of aquatic insect. Preager publishing, 625 pp.
51. Molineri, C. & G. Molina.(1995). Introducción al uso de los indicadores biológicos: una reseña. Serie Monográfica y Didáctica. Núm. 18. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, Argentina.19 pp.
52. Nakano, S., H. Miyasaka & N. Kuhara. (1999). Terrestrial–aquatic linkages: riparian arthropod inputs alter trophic cascades in a stream food web. *Ecological Society of American* 80 (7): 2435–2421.
53. Newman, M.C. y M. A. Unger. (2003). *Fundamentals of Ecotoxicology*. Lewis Publishers. Estados Unidos. 458 pp.
54. Norris, R. & C. Hawkins. (2000). Monitoring river health. *Hydrobiología* 435: 5-17.

55. Odum, E. & Sarmiento, F. (1998) Ecología: el puente entre ciencia y sociedad. (McGraw Hill Interamericana, México).
56. Organización de las Naciones Unidas (ONU), Departamento de Economía y Asuntos Sociales: División para el Desarrollo Sostenible. Agenda 21. (1992). (En línea). Consultado en: Nov. 10 de (2008). Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter18.htm>.
57. Osborne, L. L. & D. A. Kovacic. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*'29: 243–258.
58. Outridge, P.M., (1988). Seasonal and spatial variations in benthic macroinvertebrate communities of Magela Creek, Northern Territory. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 39:211-223.
59. Parra O. (1992). Escenario del sistema cuenca del río Biobío y aporte del proyecto EULA a su desarrollo sustentable. pp. 91-103. Volumen 2. En: F. Faranda & O. Parra (Eds.) Del suelo y manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Biobío. Monografías EULA-Chile: Serie Actas de Seminarios Científicos.
60. Peckarsky, B.L., S.C. Horn & B. Staszner, (1990). Stonefly predation along a hydraulic gradient: a field test of the harsh-benign hypothesis. *Freshwat. Biol.*, 24: 181-191.
61. Posada, A.; G. Roldán, & J. J. Ramírez. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48 (1): 59-70.
62. Posada, A. & Roldan, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia* 21 (1) pag. 169-192.

63. Philip A.B; Tiffany M.L; Newman & S.J. Ormerod. (1995). Patterns of macroinvertebrates distribution in relation to altitude, habitat and land use in streams of the Nepalese Himalaya. *Arch. Hydrobiol.* 135 (1):79-100.
64. Plan de ordenamiento Territorial del municipio de Isnos. (1998).
65. PNUD. (2009). "Objetivos de desarrollo del milenio." <<http://odm.pnud.org.co/odm7.html>> (Agosto 13, 2009).
66. Prat N.; A. Munné ; C. Solà ; N. Bonada & M. Rieradevall. (1999). Perspectivas en la utilización de los insectos acuáticos como bioindicadores del estado ecológico de los ríos. Aplicación a ríos mediterráneos. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 58(1-2): 181-192.
67. Pringle, C. M., F. N. Scatena, P. Paaby- Hansen & M. Núñez Ferrera. (2000). River conservation in Latin America and the Caribbean, pp: 41-77. En: P. J. Boon; B. R Davies & G. E. Petts (Eds.) *Global Perspectives on River Conservation. Science, Policy and Practice.* John Wiley and Sons Ltd. Durham.
68. Quinn, J. M. And Hickey, W. C. (1990). Characterisation and classification of benthic invertebrates communities in 88 New Zealand rivers in relation to 52 environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research.* 24:387-409.
69. Resh, V.H., A.V. Brown, A.P. Covich, M.E. Gurtz, H.W. LI, G.W. Minshall, S.R. Reice, A.L. Sheldon, J.B. Wallace & R.C. Wissmar, (1988). The role of disturbance in stream ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 7:433-495.
70. Riss, W. Ospina, R. & Gutiérrez, J. (2002). Una metodología para el cálculo de valores primarios de bioindicación. *Acta Biológica Colombiana.* no. 7: 29-35.

71. Ríos, B.; R. Acosta & N. Prat. (En Prep) Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI).
72. Ríos, S. L. & R. C. Bailey. (2006). Relationship between riparian vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. *Hidrobiología* 553: 153–160.
73. Roldán, G.; J. Builes, C. M. Trujillo, & A. Suárez. (1973). Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. *Actualidades Biológicas* 2(4): 54-64.
74. Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN. Presencia. Bogotá.
75. Roldán, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín (Antioquia): Universidad de Antioquia.
76. Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, Pama Editores Ltda. Bogotá, Colombia. 217 pp.
77. Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Academia Colombiana de Ciencias físicas Exactas y Naturales*. 23 (88): 375-387.
78. Roldán, G. (2003). Bioindicacion de la calidad del Agua en Colombia. Universidad de Antioquia, Colombia. 170 pp.
79. Rosas, P. G. & Mesa, J. P. (2002). Diagnóstico preliminar de la calidad del agua y condiciones socio ambientales presentes en el área de influencia de la Quebrada La

Perdiz, en el Municipio de Florencia- Caquetá, Trabajo de pregrado, Programa de Ingeniería Agroecológica. Universidad de la Amazonía. 120p.

80. Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York. 488 pp.
81. Rosillon, D., (1989). The influence of abiotic factors and density-dependent mechanisms on between-year variations in a stream invertebrate community. *Hydrobiología*, 179:25-38.
82. Sardiñas; Peña, O; Chiroles, S; Fernández, M; Hernández, Y & Pérez, D. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba) *Hig. Sanid. Ambient.* 6:202-206.
83. Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Revista Ecotrópicos. Sociedad Venezolana de Ecología.* 16(2):45-63.
84. Sharma, R. C. & Rawat, J. S. (2009). Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the central Himalayas, India. *Ecological Indicators*, 9, 118-28.
85. Toro, J; Schuster J. P; Kurosawa, J; Araya, E& Contreras, M. (2003). Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores Rio Maipo (Santiago: Chile) Sociedad Chilena de ingeniería hidráulica. XVI congreso chileno de ingeniería hidráulica. Chile.
86. Townsend, C.R., (1989). The patch dynamics concept of stream community ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 8:36-50.

87. Thompson, R. M. & C. R. Townsend. (2004). Land-use influences on New Zealand stream communities: effects on species composition, functional organization, and food-web structure. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 595–608.
88. Vannote, R., W. Minshall, K. Cummins, J. Sedell & C. Cushing. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* 37: 130–137.
89. Vélez, U. J. I. & Ríos, R. L. (2004). Seminario Internacional sobre eventos extremos mínimos en regímenes de caudales: Diagnostico, modelamiento, y análisis. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente Universidad Nacional de Colombia. Medellin Colombia. Pg 3.
90. Ward, J.V., (1992). Aquatic insect ecology. I. Biology and habitat. John Wiley & Sons, Inc. New York.
91. Wallace, J. B., S. L. Eggert, J. L. Meyer. & J. R. Webster. (1997). Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science* 277: 102–104.
92. Zambrano, D.A. 2010. Minimización y prevención como estrategia para el control de la Contaminación por aguas residuales municipales en la zona de expansión de Cali. Universidad del Valle.
93. Zuñiga De Cardozo, M. del C; A. M. Rojas De Hernández & S. Mosquera. (1997). Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America), pp: 261-268. En: p. Landolt & M. Sartori (Eds) Ephemeroptera and Plecoptera: Biology – Ecology- Systematics. Mauron –Tinguely and Lachat S.A. Fribourg, Switzerland.