

**APROXIMACIÓN A LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA EN
UN SECTOR DEL RÍO JUIQUÍN (JUNIN - CUNDINAMARCA) MEDIANTE LA
ENTOMOFAUNA ACUÁTICA**

**LAURA CAMILA FLÓREZ MONTENEGRO
JOSÉ ALEJANDRO PÉREZ MORA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D. C.**

2013

**APROXIMACIÓN A LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA EN
UN SECTOR DEL RÍO JUIQUÍN (JUNIN - CUNDINAMARCA) MEDIANTE LA
ENTOMOFAUNA ACUÁTICA**

**LAURA CAMILA FLÓREZ MONTENEGRO
JOSÉ ALEJANDRO PÉREZ MORA**

Trabajo de Grado

**Director
Francisco Medellín Cadena
Licenciado en Biología**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D. C.**

2013

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. 20 de Agosto del 2013

Dedicatoria


Dedicamos este trabajo a nuestras familias por su apoyo económico y emocional a lo largo de nuestra carrera. Permitiéndonos culminar unos de nuestros primeros objetivos en nuestra formación académica.

Agradecimientos

Los autores agradecen muy especialmente a:

Francisco Medellín Cadena, docente de la Universidad Pedagógica Nacional por su apoyo y sugerencias a este proyecto.

A todo el equipo de trabajo del Laboratorio de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, por su entera disposición en el préstamo de implementos utilizados a lo largo del desarrollo de la investigación.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>RELEVANDO AL CONCIENCIA</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 3	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Aproximación a la determinación de la calidad ecológica en un sector del río Juiquín (Junín-Cundinamarca) mediante la entomofauna acuática.
Autor(es)	Flórez Montenegro, Laura Camila; Pérez Mora, José Alejandro.
Director	Medellín Cadena, Francisco Alberto.
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2013. 76 pág.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	CALIDAD ECOLÓGICA; INSECTOS ACUÁTICOS; BMW-PPT; RÍO JUIQUÍN; BIOINDICACIÓN.
2. Descripción	
<p>Trabajo de Grado que se propone hacer una determinación de la calidad ecológica del Río Juiquín (Junín Cundinamarca) mediante la entomofauna acuática; donde se realizó el análisis de los parámetros físico-químicos, la composición de la trichoptero fauna y la entomofauna acompañante para la implementación del Índice BMWP-PPT; se trabajó bajo la técnica de recolección de coriotopos de Rincón (1996), durante los meses de Octubre 2012, Enero y Abril del 2013; cubriendo temporadas de baja y alta precipitación. Los periodos de bajas y altas precipitaciones determinan los parámetros fisicoquímicos analizados y las variaciones de las abundancias en los organismos colectados en el mes de Octubre (mes de transición de altas precipitaciones a bajas) y en el mes de Enero (bajas precipitaciones).</p>	

Se encontró un total de 3596 individuos distribuidos en 6 órdenes, 35 familias y 16 géneros para el orden Trichoptera; se destacan por su abundancia los géneros *Ochrotrichia* con 549 individuos y el Género *Helicopsyche* con un total de 197 individuos respectivamente.

3. Fuentes

- Alba-Tercedor, J. (1996) Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV SIAGA*, 2, 203-213.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (1998). *Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico*. Tucumán, República Argentina.
- Liévano, A., & Ospina, R. (2007). *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del Río Bahamón*. Bogotá, Colombia: Universidad del Bosque.
- Medellín, F., Ramírez, M., & Rincón, M^a. E. (2004) Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología*, 30 (2), 197-203.
- Paredes, C., Iannacone, J., & Alvarino, L. (2005). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2), 219-225.
- Riss, W., & Ospina, R. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia* 24 (1), 135-156.
- Ruiz, M^a. V., & Rincón, M^a. E. (2002). Calidad Ecológica de Río Villeta (Villeta – Cundinamarca) .*TED – Tecne Episteme Y Didaxis – Revista de la facultad de ciencia y tecnología – Universidad Pedagógica Nacional*, N°12, 62-76.

4. Contenidos

Para el desarrollo de esta investigación se tuvieron en cuenta ciertos pasos que colaboraron para concluir este trabajo; entre los cuales encontramos el **planteamiento del problema**, en este capítulo tuvimos en cuenta las necesidades de la comunidad del lugar de estudio por falta de estudios en esta zona que pueden llegar a ser estudios bases para proponer proyectos de conservación; la **justificación** es otro capítulo que hace parte de la investigación donde se tuvo en cuenta cuatro parámetros principales en donde encontramos, los estudios en la zona como base de proyectos de investigación, también los aportes que hacemos con este trabajo a la Línea de Investigación S.A.R.A., el apoyo académico que se da a la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) de la UPN y por último los aportes de los bioindicadores a la zona de estudio con el Índice del BMWP-PPT.

Partiendo de este punto nos trazamos el siguiente **objetivo general** “Determinar la calidad ecológica del Río Juiquín (Junín-Cundinamarca) mediante la entomofauna” y por último los siguientes **objetivos específicos**, identificar la distribución espacio temporal de la entomofauna acuática del Río Juiquín (Junín-Cundinamarca), determinar las variables fisicoquímicas del agua y relacionarlas con la distribución de la entomofauna

del lugar y relacionar los Tricópteros y el resto de la entomofauna encontrada con la calidad ecológica del agua.

El **marco referencial** siendo un capítulo más para esta investigación allí se pudo acceder a documentos que darían aportes al trabajo de grado que tenían temas que se tocaron en esta investigación desde este punto se pudieron tomar documentos internacionales y nacionales. Por otra parte en cuanto a la **metodología** se dividió este capítulo en cuatro puntos, el primero fue la fase de campo, luego la fase de laboratorio, la fase de análisis y por último la aplicación del BMWP – PPT propuesto por Riss y Ospina (2002). Los **resultados** que se dieron a partir de la metodología que se trabajó fueron divididos por análisis de parámetros físico químicos, la abundancia de los macroinvertebrados encontrados en los coriotopos determinados en la zona de estudio y por último se estableció la calidad ecológica de dicho río mediante la aplicación del índice del BMWP-PPT.

5. Metodología

En el trabajo de grado se trabajó con una metodología que se dividió en cuatro puntos clave para el desarrollo de este a continuación se describirán cada uno.

- **FASE DE CAMPO:** En esta parte se realizaron tres muestreo en los meses de Octubre de 2012, Enero de 2013 y Abril de 2013; para determinar las épocas de muestreo se tuvo en cuenta la Multimodal del IDEAM del 2011 en la estación Meteorológica Claraval con una altitud de 2100 m.s.n.m.; se establecieron dos estaciones de muestreo las cuales tiene una longitud de 100 metros para separarlos.
Durante estos meses se evaluaron parámetros físico-químicos entre los que encontramos pH, turbidez, descarga y conductividad los cuales fueron colectados en campo para ser luego analizados. También se realizó la colecta de los organismos mediante la técnica de recolección en coriotopos implementada por Rincón (1996).
- **FASE DE LABORATORIO:** En esta fase se realizó la debida determinación de los organismos inmaduros colectados durante cada muestreo, donde los Trichópteros se llevaron a nivel de género y la fauna acompañante hasta familias, esto se pudo realizar a través de las claves para la identificación de macroinvertebrados entre las que encontramos Roldan (1998), Lopretto & Tell (1995) y Domínguez & Fernández (2009).
- **FASE DE ANÁLISIS:** En esta fase se analizaron las muestras de los parámetros físico-químicos que fueron tomados en la fase de campo que se llevaron al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia.

Luego se interpretaron los resultados de los parámetros por medio del Análisis de Componentes Principales con el programa estadístico Past y los resultados de los organismos se analizaron por medio de la técnica de clasificación Cluster y Análisis de Bray-Curtis.

- **APLICACIÓN DE BMWP-PPT PROPUESTO POR RISS Y OSPINA (2002):** En la última fase se tomaron las abundancias de los organismos y por medio de una tabla donde Riss y Ospina (2002) establecieron los valores de los macroinvertebrados para la zona de Cundinamarca se estableció un valor para cada uno de los organismos encontrados en la colecta de organismos para este trabajo , al tener este valor se procede a determinar el valor PPT (Promedio Por Taxón) el cual nos arroja un valor y así es como se establece la clase en la que este sistema acuático se encuentra.

Estos fueron los pasos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este trabajo y para poder obtener los resultados que llegamos a establecer conociendo la calidad ecológica del río Juiquín (Junín, Cundinamarca).

6. Conclusiones

- La Entomofauna acuática de un sector del río Juiquín está constituida por 6 ordenes distribuidos en 35 familias con un total de 3596 individuos; las familias y géneros más abundantes fueron: las familias Chironomidae, Baetidae, Simuliidae, Elmidae y géneros como *Ochrotrichia* y *Helicopsyche*.
- Los periodos de bajas y altas precipitaciones determinan los parámetros fisicoquímicos analizados y las variaciones de las abundancias en los organismos colectados en el mes de Octubre (mes de transición de altas precipitaciones a bajas) y en el mes de Enero (bajas precipitaciones). Las cuales coinciden con datos registrados en trabajos anteriormente desarrollados como Rincón (2002) y Medellín & Ramírez (2004).
- Los coriotopos mas diversos y abundantes en el río Juiquín a los largo de los tres muestreos fueron MP, PCR Y PCL; siendo estos los mas estables para la entomofauna acuática.
- El río Juiquín puede catalogarse como un sistema con una calidad ecológica óptima para la entomofauna acuática.
- El BMWP propuesto por Riss & Ospina (2002) e Implementado por Liévano & Ospina (2007) constituye un método confiable a una aproximación real de la calidad ecológica del río Juiquín.

Elaborado por:	Flórez Montenegro, Laura Camila; Pérez Mora, José Alejandro.
-----------------------	--

Revisado por:	Medellín Cadena, Francisco Alberto.
----------------------	-------------------------------------

Fecha de elaboración del Resumen:	14	08	2013
--	----	----	------

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
2. JUSTIFICACIÓN	25
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4. MARCO REFERENCIAL	28
4.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	28
4.1.1 Indicador Biológico	29
4.1.2 Calidad Ecológica	29
4.1.3 Índice BMWP – PPT	30
4.2 FACTORES FISICOQUÍMICOS	31
4.2.1 Oxígeno Disuelto	31
4.2.2 DBO ₅ (Demanda Biológica de Oxígeno)	32
4.2.3 Alcalinidad	32
4.2.4 Dureza	33
4.2.5 Nitratos	33

4.2.6	Ortofosfatos	34
4.2.7	pH	34
4.2.8	Conductividad	34
4.2.9	Turbidez	35
4.2.10	Descarga.....	35
5.	METODOLOGÍA.....	36
5.1	ZONA DE ESTUDIO	36
5.2	FASE DE CAMPO	36
5.3	FASE DE LABORATORIO.....	37
5.4	FASE DE ANÁLISIS	38
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1	VARIABLES FISICOQUÍMICAS	39
6.2	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA).....	48
6.3	VARIABLES BIOLÓGICAS	50
7.	CONCLUSIONES	63
8.	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA	66
	ANEXOS.....	71

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diversidad por coriotopos, por estación de muestreo y total, mediante el índice de diversidad de Shannon – Wiener para el río Juiquin	59
Tabla 2. Valores de Indicación por familias en cada estación de muestreo y resultados del BMWP y PPT para cada estación	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Descarga en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	39
Figura 2. Turbidez en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	40
Figura 3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013.....	41
Figura 4. Oxígeno Disuelto en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	42
Figura 5. Conductividad en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.....	43
Figura 6. Ortofosfatos en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	44
Figura 7. Nitratos en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	45
Figura 8. Alcalinidad en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	46
Figura 9. pH en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	47
Figura 10. Dureza Total en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 – 2013	48
Figura 11. Análisis de componentes principales (PCA) para los fisicoquímicos de las estaciones de muestreo en el río Juiquín	50
Figura 12. Abundancia relativa de los órdenes de insectos acuáticos del río Juiquín	51
Figura 13. Abundancia relativa de las familias de insectos acuáticos en el río Juiquín	51

Figura 14. Abundancia relativa por géneros del orden Trichoptera	52
Figura 15. Análisis temporal determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E1 y E2 para el río Juiquín	53
Figura 16. Análisis espacial determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E1 en el río Juiquín	55
Figura 17. Análisis espacial determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E2 en el río Juiquín	56
Figura 18. Abundancia total por coriotopos para el río Juiquín mediante la totalidad de insectos colectados a lo largo de los tres muestreo entre el año 2012 - 2013.....	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Mapa de la zona	71
Anexo 2. Multimodal de la estación Claraval del municipio de Junín.....	72
Anexo 3. Abundancia total por estaciones	73
Anexo 4. Gráfica de la abundancia total de los insectos colectados en el río Juiquín	75
Anexo 5. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del índice BMWP Riss et. al (2002) y Liévano & Ospina (2007)	76

INTRODUCCIÓN

La calidad ecológica de las aguas del río Juiquín, ha sido poco estudiada y no se conocen estudios preliminares de sus aspectos biológicos, específicamente aquellos relacionados con las especies presentes de la entomofauna acuática. La bioindicación es una de las herramientas más utilizadas para conocer el estado actual de un ecosistema, en este caso el de un sistema acuático (Liévano & Ospina, 2007).

Las investigaciones con macroinvertebrados para el análisis de calidad ecológica del agua han sido trabajadas ampliamente a nivel internacional gracias a que estos organismos pueden ser una evidencia de las condiciones ambientales del sistema acuático, incluso mejor que las variables físicas y químicas. (Laython, 2003). A nivel local se han hecho algunos esfuerzos para conocer un poco más de estos organismos y su papel ecológico en los sistemas acuáticos. Autores como Roldan (2003) para Antioquia y Zuñiga (2009) para el Valle del Cauca han modificado el BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) en un primer esfuerzo para adaptar este índice a las condiciones ambientales que tiene nuestro país Colombia; los primeros avances han sido trabajos para el establecimiento de bioindicadores de forma cualitativa hasta el nivel taxonómico de familia, lo cual no ha permitido tener un acercamiento real a las condiciones de los ecosistemas estudiados, es por esto que para esta investigación se utilizó la metodología propuesta por Riss & Ospina (2002), donde se implementa un enfoque cuantitativo propuesto para la región de Cundinamarca, permitiendo un acercamiento real a las condiciones ecológicas del río Juiquín.

Este trabajo se realizó durante el segundo periodo del año 2012 y el primer periodo del año 2003, en el río Juiquín (Junín - Cundinamarca). Con el objetivo de determinar la calidad ecológica de dicho río mediante la entomofauna acuática y la toma de muestras fisicoquímicas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los macroinvertebrados han sido abordados ampliamente para la determinación de la calidad ecológica, de los sistemas acuáticos tanto lénticos como lóticos han sido abordados ampliamente en investigaciones enfocadas generalmente hacia la conservación de estos sistemas. Diferentes métodos se han utilizado para este tipo de estudios; uno de los índices más utilizados en los últimos años ha sido el BMWP que fue establecido en 1970 en Inglaterra por el Biological Monitoring Working Party.

A partir de entonces, el BMWP ha sido modificado para diferentes zonas de estudio a nivel mundial, procurando los investigadores obtener un dato más preciso. Zamora et al. (1996) hicieron una de las primeras adaptaciones del índice BMWP de Inglaterra para España denominado BWMP' (Roldan, 1999).

A nivel internacional uno de los primeros en trabajar con bioindicación fueron Kolkwitz & Marsson (1908, 1909) donde construyeron las bases del índice saprobio. Patrick ya en (1949, 1950) propone métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes (Roldan, 1999). Domínguez & Fernández (1998) realizan una investigación sobre la Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por el índice BMWP'. El objetivo principal fue establecer, con ayuda de los indicadores biológicos, una categorización de los ríos de la provincia de Tucumán; luego se determinó el estado de los ríos de provincia, su categorización y tipificación con base a la fauna betónica; por último, hicieron unas recomendaciones relacionadas con el impacto humano, pues tuvieron en cuenta las actividades antrópicas y fue perjudicado el estado natural de los sistemas acuáticos.

Alba-Tercedor (1996) realizó una investigación donde hace uso de los macroinvertebrados acuáticos como determinantes de la calidad de las aguas de los ríos, el uso de los macroinvertebrados como indicadores de agua ha demostrado su eficacia en la detección de puntos de alteración de las aguas; estos métodos han sido catalogados como rápidos al ser aplicados y confiables haciéndolos idóneos para la vigilancia de cuencas hidrográficas. También en este estudio se incluye una metodología para evaluar la calidad del agua mediante el índice BMWP', de fácil utilización y aplicabilidad en la Península Ibérica.

Malca (1997) realizó un estudio sobre los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de contaminación por metales pesados en el río Moche (Trujillo-Perú). Este trabajo pretendía mostrar la eficacia del Índice Biótico de Trent como método para determinar la calidad del agua. Se realizan muestreos en estaciones estratégicas donde se evidencia a simple vista un deterioro en el río, muestra lugares altamente contaminados, otras no contaminadas y en un estado de lenta recuperación. Para los lugares de contaminación con metales pesados la identificación de los grupos de organismos ha sido casi nula pero se logró identificar a un grupo tolerante como los Chironomidos; por el contrario en aguas de mejor calidad se encontraron Ephemeroptera y Trichoptera, como los más representativos. También se determinó la alta sensibilidad a los cambios de calidad de agua usadas por descargas mineras del Índice Biótico de Trent.

Paredes et al. (2005) hicieron una investigación sobre el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac (Lima-Callao, Perú); tienen en cuenta las comunidades de macroinvertebrados como eficientes indicadores biológicos de la calidad de agua en los ecosistemas dulceacuícolas; en el 2002 y 2003 desarrollan evaluaciones de MIB en el río Rímac; plantearon como objetivo principal, analizar la composición faunística, riqueza de familias y calidad de las aguas con base en el índice BMWP (modificado). El trabajo se llevó a cabo en seis estaciones de muestreo ubicadas a

lo largo del río. Como resultados, registraron 35 taxa de MIB entre Annelida, Mollusca, Hexapoda y otros. Se encontró mayor abundancia absoluta de Oligochaeta, con un número de 597 de los 2.166 que se colectaron en total. El BMWP modificado indicó que el agua se encuentra en calidad crítica o en estado muy contaminado. Y los análisis fisicoquímicos, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático.

Entre los trabajos nacionales se destaca Andrade et al. (1992) que apoyados por COLCIENCIAS desarrollaron una investigación como trabajo de grado, en el que usaron macroinvertebrados bentónicos (Anélidos, familia Tubificidae y Dipteros de la subfamilia Chironomidae y familia Psychodidae) como bioindicadores de la calidad de agua en la zona media del río Bogotá; la investigación se llevó a cabo en este punto porque este sistema hidrológico representa, en gran parte, la principal fuente de suministro de agua para la agricultura y la industria; por otro lado es una fuente de energía eléctrica (en la planta del charquito) y de abastecimiento para la ciudad de Bogotá, en la planta de Tibitó. Este proyecto tenía como objetivo hacer una contribución con estudios limnológicos en aguas epicontinentales de Colombia, al desarrollo de la formación en el área de la investigación y también para ser un documento informativo para el público en general interesado en este tema.

Pava & Sánchez (1996) realizaron una investigación sobre los macroinvertebrados en el río Barandilla, afluente del río Bogotá. Tenía como objetivo realizar una guía de campo dirigida a estudiantes universitarios interesados en el tema; allí se explican los métodos de colecta, preservación, montaje y determinación de macroinvertebrados. Este trabajo fue un complemento de anteriores estudios que se venían desarrollando en la Universidad INCCA de Colombia y en la Universidad Pedagógica Nacional.

Ruiz & Rincón (2002), llevaron a cabo una investigación sobre la calidad ecológica del río Villeta; enfocándose en la composición y distribución de la comunidad de insectos acuáticos y teniendo en cuenta las variaciones hidrológicas, parámetros fisicoquímicos, en periodos de alta y baja precipitación. Las familias más importantes fueron: Chironomidae (Diptera), Baetidae (Ephemeroptera) e Hydropsychidae (Trichoptera). Concluyendo que el río Villeta era un sistema de aguas turbias, duras, con alta mineralización y ligeramente contaminadas, también concluyen que BMWP Col no constituye un método confiable para evaluar la calidad biológica del agua del río.

Riss et. al (2002), hicieron un nuevo establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos en la Sabana de Bogotá, en el que asignan valores numéricos de indicación a 57 familias de macroinvertebrados, con el objeto de cumplir los requerimientos básicos de BMWP establecido en Inglaterra y con modificaciones en España. El principal objetivo de este estudio era expresar el efecto de la contaminación orgánica como un factor ambiental que afecta la distribución de las familias de macroinvertebrados en la zona de estudio. Trabajaron con una metodología desarrollada en cinco partes; primero toman muestras en 28 sitios localizados en 8 corrientes de agua; segundo, se muestran los macroinvertebrados en diferentes coriotopos; tercero, ordenaron 18 variables fisicoquímicas mediante un análisis de factores; cuarto calcularon los valores de calidad fisicoquímica usando nueve variables como componentes de primer factor ambiental indicando contaminación orgánica, y por último, dieron un valor de indicación que corresponde a la tolerancia mínima a la contaminación orgánica para los macroinvertebrados; esto a través del quinto percentil de la curva de distribución ajustada a las abundancias por familias.

Guerrero et al. (2003), por su parte realizaron una investigación sobre los parámetros fisicoquímicos y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el Pozo Azul sobre la cuenca del río Gaira (Magdalena, Colombia);

se determinaron las relaciones que tienen las comunidades encontradas con la calidad del agua de este lugar; usando el índice BMWP, adaptado por la Universidad del Valle (Cali, Colombia), se estableció que el agua era de óptima calidad y oligosaprobata; este estado es alcanzado luego de la estabilización frente a pequeñas alteraciones inducidas por las actividades de cultivo de café en la zona; se colectaron 588 individuos distribuidos en 11 órdenes y 38 familias de macroinvertebrados.

Medellín & Ramírez (2004) hicieron una investigación en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, en la que usaron el orden Trichoptera, para establecer la relación con la calidad de agua; se desarrolló en tres quebradas principales de este Santuario ubicado en (Boyacá; Colombia); se analizaron aspectos fisicoquímicos y la estructura de este orden de macroinvertebrados. Se hicieron tres muestreos, teniendo en cuenta las temporadas de baja y alta precipitación en la zona. En esta investigación, se registraron 3.281 individuos distribuidos en 10 familias y 19 géneros, destacándose los géneros *Contulma* y *Ochrotrichia*; pero también se registraron nuevos géneros para la zona como *Culoptila* y *Metrichia*. Por último se consideraron cuatro géneros (*Contulma*, *Ochrotrichia*, *Helicopsyche* y *Mortoniella*) que pueden ser catalogados como bioindicadores en esta zona.

Gutiérrez et al. (2006) desarrollaron una investigación sobre la bioindicación de la Calidad del agua en la Sabana de Bogotá (Colombia), mediante la utilización de la Lógica Difusa Neuro-Adaptativa (LDN-A) como herramienta; la implementación de la metodología LDN-A permite hacer una estimación cuantitativa de la calidad del agua en la Sabana de Bogotá. Usaron 55 sitios correspondientes a 11 subcuencas de la Sabana de Bogotá. Esta herramienta implementada ofrece las mismas ventajas de la bioindicación; como simplicidad metodológica y rapidez en los resultados, pero proporciona una disminución del tiempo dedicado a las determinaciones taxonómicas, lo cual puede llegar a ser crítico cuando la disponibilidad del tiempo y los recursos lo requieran. Por otra parte, esta

metodología ofrece una flexibilidad para implementarlas en diferentes áreas de interés, con adopción de organismos indicadores y reglas de decisión.

Liévano & Ospina (2007) elaboraron una guía de macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón, implementando los valores numéricos propuestos por Riss et al. (2002) para las familias de macroinvertebrados colectados en el sistema acuático. El principal objetivo de la guía fue hacer un aporte al conocimiento de la fauna de macroinvertebrados acuáticos en la región de Cundinamarca y promover su uso como herramienta de evaluación ambiental. Para la evaluación de la calidad ecológica de las aguas de la cuenca del río Bahamón, se establecieron diez puntos de muestreo, teniendo en cuenta la estructura de la cuenca hidrográfica y se adelantaron dos campañas de muestreo cubriendo periodos de altas y bajas precipitaciones; donde se colectaron 909 especímenes pertenecientes a 6 clases, 14 órdenes, 30 familias y 44 géneros de macroinvertebrados acuáticos; en cuanto a la calidad ecológica del río, se encontró que estaba en un estado aceptable, ya que de cinco puntos de muestreo sobre el cauce principal cuatro de ellas mostraron altos valores de Promedio por Taxón (PPT).

Zúñiga (2009) realizó un estudio teniendo en cuenta los bioindicadores de calidad de agua como la familia Baetidae e Hydropsychiidae, entre otros, con capacidad de adaptación al incremento de carga orgánica residual; también tuvo en cuenta el caudal ambiental tales como: casco del río Meléndez (Valle del Cauca, Colombia); El objetivo principal era evaluar la evolución histórica entre 1980 y 2006 de los indicadores ambientales de calidad fisicoquímica, bacteriología y ecológica del río Meléndez y su relación con la pérdida del caudal ecológico que ha sufrido el recurso hídrico en los últimos años. Algunos datos recopilados en diferentes instituciones de la región aportaron información sobre la situación de la corriente en la década de los 90's, en ese entonces el agua conservaba su condición natural y no sufría presiones ambientales. El índice biótico mostró que los ambientes ecológicos estaban estables, la comunidad bentónica era diversa y

se caracterizó por organismos sensibles a la contaminación orgánica y al déficit de oxígeno. Por último, el perfil ambiental que presenta el río Meléndez, siendo una de las corrientes hídricas más importantes del Municipio de Cali, es un buen ejemplo para reforzar la necesidad urgente de un manejo equitativo de los recursos hídricos para garantizar su estabilidad natural y las necesidades extractivas de la sociedad.

También se ha trabajado la evolución de la calidad del agua en los sistemas acuáticos de (Medellín, Colombia), como lo trabajaron Montoya, et al. (2011). El objetivo principal de esta investigación fue comparar los resultados obtenidos en el estudio del río Negro llevados a cabo en el 2002 con los del 2007, empleando el BMWP/Col, el ASPT, el índice de diversidad (H') y el índice ICA, para dar cuenta de la evolución del sistema en el tiempo, conociendo el grado de alteración en que se encontraban los diferentes tramos del río y conocer así mismo, la evolución de la estructura de la asociación de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del gradiente longitudinal del río. El ICA presentó diferencias en el gradiente horizontal, presentándose una disminución de la calidad y de la diversidad de macroinvertebrados, pero también se evidenció un mejoramiento en las condiciones del río entre 2002 y 2007.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El río Juiquín ha sido intervenido básicamente por actividades industriales como construcción de la hidroeléctrica Sueva I, promovido por Corpoguavio, impulsando proyectos de concesión de aguas en el río Juiquín. Un impacto menor es ocasionada por las actividades de la comunidad local, como la pesca y la ampliación agrícola con fines ganaderos; la cuenca del Río Tunjo – Juiquín por poseer altas pendientes es aprovechada para la generación de energía Central Hidroeléctrica de Sueva I, por la empresa Cemex Colombia, en la vereda Potreritos sobre el río Juiquín, Parque Nacional Natural Chingaza (2009). Autores

como Agostinho et al (Citados por Baigún et al., 2011) consideran las hidroeléctricas como la principal causa de la pérdida de integridad ecológica de los ríos.

Estos impactos han sido de interés para la comunidad local, que promovió la creación de una Reserva Natural con el nombre de Adeagros, con el fin de conocer los posibles impactos que estas actividades pueden provocar en los recursos naturales de la zona. Uno de los principales inconvenientes de la reserva, es que en el momento no posee estudios base de alfa taxonomía que permitan llevar a cabo proyectos de conservación (Primack, 2010). No hay estudios del estado ecológico actual del río Juiquín, ni de la zona de investigación, por ello, la pregunta que orientó este trabajo de investigación fue: ¿Cuál es la calidad ecológica del río Juiquín (Junín, Cundinamarca) mediante la Entomofauna acuática?

2. JUSTIFICACIÓN

“El agua es considerado como el más vulnerable de los recursos naturales, además de significar un factor limitante para la realización de las diferentes actividades antrópicas de orden cotidiano e industrial”. (Sánchez, 2005, p.55). Diferentes métodos se han implementado en estos ecosistemas para la evaluación del impacto de las actividades antrópicas en este tipo de ecosistemas, entre estas una de las más utilizadas ha sido la bioindicación; esta es una herramienta que se debe implementar y reproducir constantemente, con el fin de homogenizar métodos para conocer la calidad ecológica de las fuentes hídricas Zúñiga (2004) (Citada por Sánchez, 2005).

Zúñiga (2004) (Citada por Sánchez, 2005) afirma: “que hay una necesidad creciente de un sistema de bioindicación que pueda ser usado a nivel de las diferentes Regiones Naturales que caracterizan el Territorio Nacional y que utilicen índices adaptados a condiciones regionales a partir de las familias o los géneros de macroinvertebrados de mayor presencia y potencial en la evaluación de calidad ambiental del recurso hídrico” (p.66). Desde esta perspectiva la metodología propuesta por Riss et. al (2002), basada en una metodología cuantitativa y teniendo en cuenta que sólo se conocen dos trabajos basados en el BMWP cuantitativo para la región de Cundinamarca, se requiere el implemento de dicha metodología a lo largo de la región, en este caso como una primera aproximación a la calidad ecológica del río Juiquín.

Una de las prioridades para la realización de este tipo de estudios es la selección de el grupo bioindicador, de esta manera se propone la entomofauna acuática como indicadores biológicos porque son sencillos y tienen ciclos de vida largos, y son los más usados, son de fácil identificación taxonómica y la mayoría de sus ordenes son sensibles a cambios bruscos en el ecosistema Roldan (2003). Uno de los ordenes más sensibles a estos cambios bruscos es el orden Trichoptera, su

potencial como bioindicador, ha sido reconocido por autores como Rincón (1998:2000) y Medellín & Ramírez (2002) debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas poseen distintos rangos de tolerancia, según la familia o el género al que pertenecen, esto los hace muy útiles como bioindicadores de la calidad de agua y la salud del ecosistema Springer (2010).

Por otra parte es importante aclarar que este trabajo será un aporte para el campo y estudio de la biología en la Universidad Pedagógica Nacional, ya que este deja una herramienta educativa con la cual la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) de la Licenciatura en Biología se enriquecerá y podrá ser base de estudio para los futuros estudiantes; con la cual contarán con los organismos y con el documento para hacer revisión de estos. Este trabajo tocará conceptos biológicos y estadísticos los cuales se desarrollaron con mucha rigurosidad de tal manera que este fuese una base sólida y aplicable para futuros trabajos a realizarse en este campo.

De la misma manera el trabajo de grado, brindará a la Reserva Natural Adeagros una perspectiva de la calidad ecológica en el río Juiquín, esta reserva como ya fue mencionado fue creada por los mismos habitantes de la zona para la conservación de las especies, que en muchos de los casos desconocen cualquier información biológica. Para la comunidad es de vital importancia que se lleven a cabo trabajos biológicos que les permitan conocer un poco más de la riqueza biológica que poseen, a partir de estudios de la zona en términos de alfa taxonomía.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la Calidad Ecológica en el Río Juiquín (Junín, Cundinamarca) mediante la Entomofauna.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar la distribución espacio temporal de la entomofauna acuática del Río Juiquín (Junín-Cundinamarca).

Determinar las variables fisicoquímicas del agua y relacionarlas con la distribución de la entomofauna del lugar.

Relacionar los Tricópteros y el resto de la entomofauna encontrada con la calidad ecológica del agua.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados son los organismos que se pueden ver a simple vista, teniendo un contacto total o parcial con los cuerpos de agua; en términos generales, son todos aquellos que tiene un tamaño superior a 0,5 mm de largo Roldán & Ramírez (2008). La anterior descripción corresponde a organismos que se encuentran en cuerpos de agua epicontinentales, por su tamaño pueden ser retenidos en redes de luz de malla entre 250-300um. Dentro de esta categoría podemos encontrar insectos especialmente en su forma larvaria siendo estas las más abundantes; también los crustáceos, oligoquetos y arácnidos (Alba-Tercedor, 1996).

Estos organismos son fundamentales ya que hacen parte de la dieta alimentaria de muchos otros animales, principalmente de peces, anfibios, aves y mamíferos; es importante destacar su gran diversidad por ende son de gran importancia en la transformación de la materia orgánica del medio acuático, pero también han sido considerados como bioindicadores de la calidad del agua y del estado ecológico de un sistema acuático. Estos organismos son los más usados en trabajos de biomonitorio, ya que son sensibles a distintas alteraciones físicas, químicas y morfológicas que pueda sufrir este medio; catalogándolos como indicadores de contaminación según el grado de tolerancia de las especies encontradas en el cuerpo de agua. Estos organismos en general presentan ciclos de vida que pueden ser largos o cortos y se pueden encontrar en diferentes etapas de sus ciclos de desarrollo; algunos son sedentarios y son relativamente fáciles de identificar si se habla a nivel de familia (Montoya et. al 2011).

4.1.1 Indicador Biológico

Es considerado un organismo como indicador biológico cuando este se encuentre invariablemente en un ecosistema cuyas características son definidas y cuando la población es porcentualmente superior o similar al resto de los organismos con los que comparte un mismo hábitat Roldán (1999). El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua se basa en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados. "Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará, por tanto, en las estructuras de las comunidades que allí habitan" (Liévano & Ospina, 2007, p.24).

Teniendo en cuenta lo anterior, una persona que se encuentre en campo y sea experimentada en el campo se le hace fácil reconocer a simple vista alguno de los macroinvertebrados que determinan la calidad del agua, si levanta algunas rocas y observa partes de troncos podrá encontrarlos, esto ayuda a determinar este cuerpo de agua; pero también el aspecto color y olor son claves e importante para corroborar dicha información. Pero sumándole una serie de estudios fisicoquímicos y microbiológicos, se podrá saber con mayor certeza el diagnóstico verdadero del estado del ecosistema Roldán (1999).

4.1.2 Calidad Ecológica

Alba-Tercedor (1996) afirma: "Que el término "calidad", referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad ecológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad ecológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno desarrollen las comunidades de organismos que les son propias"(p.205).

Prat et al. (Citado por Fernández et al., 2006) afirma “Que el estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales. En la valoración del estado ecológico de un cuerpo de agua la bioindicación es uno de los muchos elementos a ser tenidos en cuenta”(p.11).

4.1.3 Índice BMWP - PPT

Liévano & Ospina (2007) afirman: “Que en 1983, en gran Bretaña y bajo patrocinio oficial, un grupo de expertos estableció el sistema BMWP. Los científicos ordenaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en diez grupos siguiendo un orden de mayor a menor tolerancia a la contaminación. A cada familia le hicieron corresponder un valor de indicación entre 1 y 10” (p. 24). En el ámbito nacional se han hecho algunas modificaciones pero como lo ha mencionado Zúñiga et al. 1997 y Roldán 1999 (Citados por Riss et. al 2002) “Los valores de los macroinvertebrados como indicadores que se encuentran publicados hasta la fecha son construidos con base en resultados no numéricos y por esto no incluyen la opción de ser extendidas y adaptadas a zonas geográficas diferentes” (p. 6).

Una de las primeras aproximaciones cuantitativas con el BMWP es la realizada por Riss et. al (2002), donde obtuvieron para la Sabana de Bogotá los valores de indicación, los cuales fueron retomados y aplicados para el río Bahamón por Liévano & Ospina (2007). Liévano & Ospina (2007) Afirman: “Que la suma de los valores de indicación de cada familia encontrada en una estación de muestreo resulta en una primera puntuación (BMWP) para esta estación. Esta suma permite un primer nivel de evaluación, pero al incluir en el cálculo el número de familias por estación se obtiene una evaluación más precisa, mediante el llamado promedio por taxón ($PPT=BMWP/\text{número de familias}$)” (p. 24).

“Si bien, de esta manera es posible obtener puntuaciones para diferentes localidades que permiten comparar situaciones relativas de la calidad, no permite la asociación directa de una puntuación con una clase determinada de calidad de agua. Por ello las puntuaciones se relacionan posteriormente con cinco categorías de calidad del agua, asignándoles una significación respecto de la misma y un color en la representación cartográfica” (Liévano & Ospina, 2007, p. 25).

4.2 FACTORES FISICOQUÍMICOS

“Un río que ha sufrido los efectos de la contaminación es el mejor ejemplo para ilustrar los cambios que suceden en las estructuras de los ensambles, las cuales cambian de complejas y diversas estructuras con organismos propios de aguas limpias, a simples y de baja diversidad con organismos propios de aguas contaminadas. La cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la Temperatura y la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo las variables a las cuales son más sensibles los organismos” (Roldán & Ramírez, 2008, p.340).

A continuación se presenta el fundamento teórico para cada uno de los parámetros fisicoquímicos analizados para el río Juiquín según Cárdenas (2005). La importancia de la toma de estos parámetros fisicoquímicos es que estos permiten comparar los resultados obtenidos con la entomofauna acuática colectada en el ecosistema acuático.

4.2.1 Oxígeno Disuelto

“El Oxígeno Disuelto proviene de la mezcla del agua con el aire ocasionada por el viento y en la mayoría de los casos, del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis, (...). La solubilidad del Oxígeno en el agua es

directamente proporcional a la presión, e inversamente proporcional a la temperatura y a la concentración de sales disueltas” (Cárdenas, 2005, p.133).

“Las muestras para su análisis deben tomarse evitando la agitación e introducción o escape de gases de la muestra. El recipiente más efectivo para dicho proceso es la botella de Winkler, esto en caso que la muestra deba trasladarse una distancia considerable para su análisis, este procedimiento es ampliamente exacto con las medidas” (Cárdenas, 2005).

“El oxígeno Disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, los valores varían entre 7.0 y 8.0mg/L. Una de las fuentes principales del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia presentada en los ríos” (Roldán, 2003, p.3).

4.2.2 DBO5 (Demanda Biológica de Oxígeno)

“El DBO5 es una estimación semicuantitativa de la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable que contiene una muestra de agua, (...). Las pruebas DBO constituyen un índice general cualitativo del contenido de materia orgánica presente en la muestra, que es susceptible de sufrir oxidación biológica, en un periodo corto de tiempo” (Cárdenas, 2005, p. 151).

“La importancia de las pruebas DBO radica en que permite calcular o predecir, cuando menos aproximadamente, la tolerancia de los cuerpos de agua receptores para asimilar descargas de materia orgánica” (Cárdenas, 2005, p. 151).

4.2.3 Alcalinidad

“La alcalinidad de una muestra es la capacidad de reaccionar o neutralizar iones de Hidronio (H^+) hasta un valor de pH igual a 4.5. La alcalinidad es causada por lo

bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en una muestra"... "La alcalinidad en el agua se expresa como la concentración equivalente de iones hidroxilo, mg/L; o como la cantidad equivalente de CaCO₃ en mg/L. La alcalinidad es entendida como la concentración de metales alcalinotérreos, tiene importancia en la determinación de la calidad de agua para riego y es un factor importante en la interpretación y control de los procesos de purificación de aguas residuales" (Cárdenas, 2005, p. 95).

4.2.4 Dureza

"La dureza es una propiedad que refleja la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. De estos elementos, el calcio y el magnesio constituyen los principales alcalinotérreos en aguas continentales y en aguas marinas esta el bario y el estroncio principalmente" (Cárdenas, 2005, p. 101).

"La dureza es el resultado de la disolución y lavado de los minerales que componen el suelo y las rocas. Esta se toma como una medida de iones de calcio y magnesio; siendo estos más abundantes y frecuentes en aguas naturales que los demás alcalinotérreos" (Cárdenas, 2005, p. 101).

4.2.5 Nitratos

"Los nitratos constituyen la especie de nitrógenos más abundante y de mayor interés en todos los cuerpos de aguas naturales, estos se encuentran en concentraciones traza o ppm. Y en aguas domésticas y agrícolas puede llegar a ser elevada las concentraciones" (Cárdenas, 2005, p. 125).

"Los nitratos constituyen parte de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos o fotosintéticos, en este sentido su presencia en el agua puede ocasionar eutroficación en ríos y lagos" (Cárdenas, 2005, p. 125).

4.2.6 Ortofosfatos

“Desde el punto de vista limnológico, la forma más importante es la de Ortofosfato, pues es la manera como las plantas acuáticas y el fitoplancton pueden absorberlo” (Roldán, 1992, p.313). “El fósforo puede existir en aguas naturales y residuales, casi exclusivamente bajo la forma de fosfatos (H_3PO_4 , ortofósforico; HPO_3 , metafosfórico, y $H_4P_2O_7$, pirofosfórico) siendo el más importante de ellos el ortofosfato” (Cárdenas, 2005, p.163).

“La concentración de fósforo bajo la forma de ortofosfato en aguas naturales es relativamente baja, y en general, rara vez excede de los 10ppm” (Cárdenas, 2005, p.164).

4.2.7 pH

El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema lótico, en términos más generales esta medida representa la actividad del ion hidronio, de esta manera los conceptos de pH, acidez y alcalinidad se relacionan estrechamente porque el pH es utilizado como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora del sistema lótico se ha de medir en función de su acidez o alcalinidad Cárdenas (2005). La medida de pH la podemos relacionar con la alcalinidad, y los componentes con mayor concentración presentes en el sistema, es decir si la alcalinidad está presente en dióxido de carbono (CO_2), bicarbonato (HCO_3), o carbonato (CO_3) Roldán (1992).

4.2.8 Conductividad

La conductividad eléctrica de un sistema lótico es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. La capacidad va a depender de la presencia o ausencia de iones en el agua, de su concentración total, de su

movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas Cárdenas (2005). Es decir que a mayor concentración de sólidos disueltos la conductividad tenderá a aumentar, o en menor concentración de estos, la conductividad tenderá a disminuir Roldán (1992).

4.2.9 Turbidez

La turbidez está muy relacionada con la reducción de su transparencia ocasionada por el material particulado en suspensión Cárdenas (2005). El valor de la turbidez generalmente está relacionado con la concentración de los sólidos suspendidos pero también puede estar relacionado por el movimiento provocado por la descarga de un sistema lótico Ramírez & Viña (1998).

4.2.10 Descarga

En general podemos hacer definir la descarga como el total de agua de una fuente hídrica que pasa por un punto en un periodo de tiempo determinado Roldán & Ramírez (2008). “Esta cantidad de agua que corre por el sistema lótico es producto de la interacción de gran cantidad de factores como las condiciones físicas de la cuenca, el régimen climático, la estructura del cauce y la utilización de ellos por parte de los seres humanos” (Liévano & Ospina, 2007, p.19). La descarga es una medida fundamental en estudios limnológicos ya que esta condiciona los cambios en las concentraciones de la gran mayoría de parámetros fisicoquímicos que están presentes en el sistema y a su vez la distribución de la entomofauna presente.

5. METODOLOGÍA

5.1 ZONA DE ESTUDIO

La cuenca del río Juiquín se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, (Anexo 1) aproximadamente a 104 km al oriente de la ciudad de Bogotá. El río Juiquín vierte sus aguas al río Sueva; durante su recorrido cruza los municipios de Guasca, Junín y Gacheta; el sector donde se realizaron los muestreos están ubicados en la vereda Potreritos cuenca baja del sistema acuático.

La Laguna Buitrago ubicada al sur del municipio de Guasca, en la cordillera Oriental con una altura aproximada de 3600 m.s.n.m. es el nacimiento del río Tunjo llamado así en el municipio de Guasca, posteriormente en el municipio de Junín se le conoce con el nombre de río Juiquín; este tiene una longitud, aproximadamente de 15 km que fluye de sur a norte a una altura de 2200 m.s.n.m. La vegetación natural ha sido profundamente intervenida en la cuenca baja del río Juiquín, las principales actividades corresponden al sector primario de la economía y se destaca el sector pecuario, sobresaliendo la piscicultura y ganadería.

5.2 FASE DE CAMPO

Los muestreos se realizaron durante tres periodos específicos en periodos de alta y baja precipitación donde se evaluaron, las variaciones del caudal tomando los datos en la estación hidrometereológica de Claraval del Municipio de Junín con una altitud de 2100 m.s.n.m. (Anexo 2). Se ubicaron dos (2) estaciones de muestreo las cuales se encuentran a 2200 m.s.n.m. en el río Juiquín en Junín-Cundinamarca, en una longitud de 100 metros que separa a las estaciones. El lecho del río es rugoso ya que está constituido por rocas de gran tamaño y

piedras, la ribera en ambos lados del cauce y en ambas estaciones presenta escasa vegetación.

En cada estación se trazó un cuadrante de 10 metros donde se tomaron muestras de insectos en formación inmadura; se siguió una técnica de recolección de los macroinvertebrados teniendo en cuenta la técnica de coriotopos Rincón (1996). Los coriotopos seleccionados para cada una de las estaciones fueron: musgo sobre piedra (MP), piedra corriente rápida (PCR), piedra corriente lenta (PCL), cascada (CAS), hojarasca (HOJ) y salpicadura (SAL).

Durante la colecta, los estados inmaduros de los Trichoptera y de la fauna acompañante se conservaron en frascos con alcohol etílico al 80%, debidamente rotulados y separados por coriotopos para su posterior limpieza en el laboratorio.

5.3 FASE DE LABORATORIO

Para la limpieza de las muestras y la separación de los organismos se utilizaron tamices y estereoscopios ADVANCED Y LEICA para una observación más detallada de los organismos, para la determinación de los insectos acuáticos se usó la clave de Roldán (1988), Domínguez y Fernández (2009) y Lopretto y Tell (1995); y para la preservación del material biológico en el laboratorio se tuvo en cuenta a Roldán (1988), una vez separado el material e identificado se distribuye en pequeños frascos (“Vials”), cuya capacidad varía entre unos 10ml y 30ml se llenan de alcohol preferiblemente al 80%; y para terminar cada frasco debe llevar una etiqueta escrita en tinta indeleble o a lápiz que contenga la siguiente información: Lugar de colección (país, departamento, municipio y río), altitud, estación de colecta, coriotopo, fecha, número de la muestra, nombre científico (familia para la fauna acompañante y género para los Trichopteros) y colector.

5.4 FASE DE ANÁLISIS

Se analizaron variables fisicoquímicas In-situ como: temperatura del agua, velocidad de la corriente, amplitud del cauce, profundidad, caudal y transparencia del agua, y las otras variables fisicoquímicas fueron Ex - situ como: Turbidez, pH, alcalinidad total, DBO₅, dureza total, ortofosfatos, nitratos, oxígeno disuelto y conductividad; estos parámetros se analizaron en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá, para los tres muestreos llevados a cabo.

Se interpretaron los resultados de los parámetros fisicoquímicos de Análisis de Componentes Principales con el programa estadístico (Past). En cuanto a los biológicos con la técnica de clasificación (Cluster y Análisis), y en cuanto a la diversidad para las estaciones de muestreo y coriotopos se estableció mediante el índice de Shannon – Wiener utilizando Microsoft Excel.

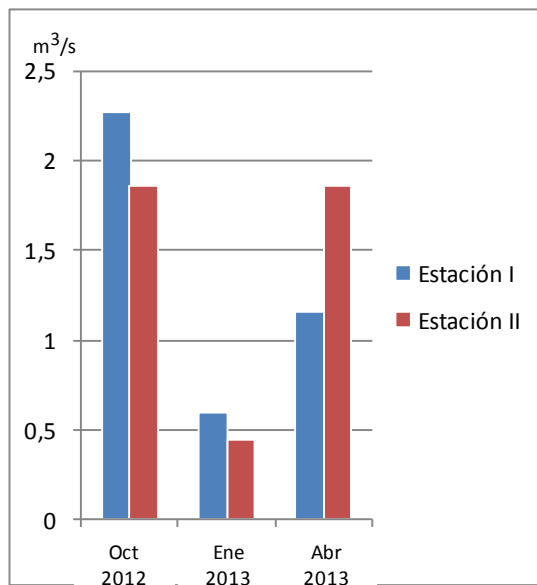
Para evaluar la calidad ecológica del agua se utilizó el BMWP propuesto por Riss et. al (2002) e implementado por Liévano & Ospina (2007). Esta metodología es una aproximación con base cuantitativa para ser aplicada en el departamento de Cundinamarca, el cual es un método simple y rápido que sirve para evaluar dicha calidad usando la enfomofauna acuática como bioindicadora.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 VARIABLES FISICOQUÍMICAS

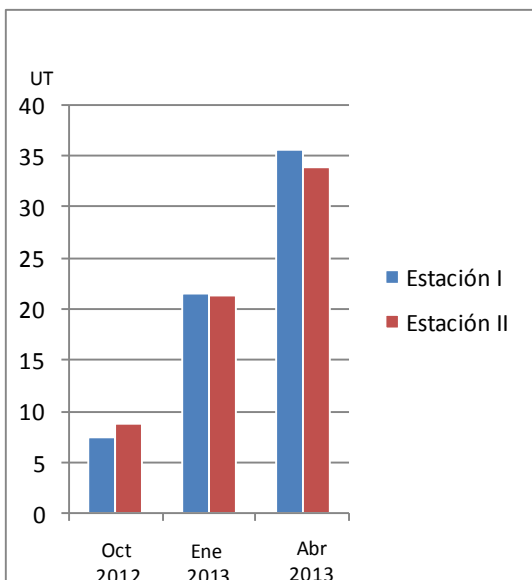
Las variables fisicoquímicas son una base fundamental para llevar a cabo estudios que se refieran a la calidad del agua en un ecosistema. Estas deben compararse con la entomofauna encontrada en la zona de estudio; para este estudio se tomaron parámetros fisicoquímicos como turbidez, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), conductividad, ortofosfatos, nitratos, alcalinidad, dureza total, pH y descarga; considerándolos como los más influyentes en la distribución espacio temporal de la entomofauna. Para el análisis de las variables fisicoquímicas se hizo un PCA (Análisis de Componentes Principales) con Cluster de Análisis de Bray – Curtis. El PCA corrobora el análisis descriptivo de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y así mismo muestra agrupaciones indicando la asociación que se presenta entre las precipitaciones altas y bajas de la zona de estudio.

Figura 1. Descarga en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



Se evidencia en la gráfica que la descarga, a lo largo de los tres muestreos fue determinada por precipitaciones de transición, periodos de altas y bajas precipitaciones (Figura 1). Las precipitaciones de transición es decir en Octubre del 2012 se obtuvo un valor de $2,3\text{m}^3/\text{s}$ para la E1 y de $1,8\text{m}^3/\text{s}$ para la E2; en precipitaciones bajas de Enero del 2013 teniendo un valor en la E1 de $0,6\text{m}^3/\text{s}$ y $0,4\text{m}^3/\text{s}$ para la E2; y en precipitaciones altas Abril del 2013 con un valor de $1,2\text{m}^3/\text{s}$ para la E1 y de $1,8\text{m}^3/\text{s}$ para la E2. Indicándonos una relación directa entre las precipitaciones y las descargas de un cuerpo de agua.

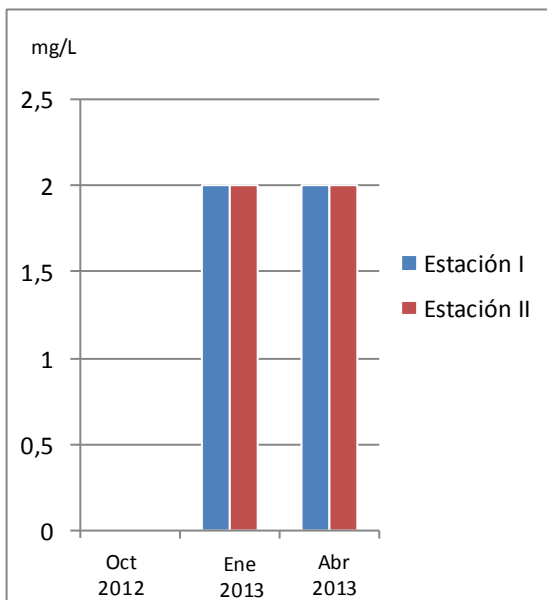
Figura 2. Turbidez en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



La turbidez permite evidenciar la concentración de los sólidos suspendidos y el movimiento provocado por la descarga de un sistema lóxico (Cárdenas, 2005). En el mes de Octubre del 2012 se evidencia una turbidez baja en comparación de los dos muestreos posteriores, con un valor de 7,5 UT para la E1 y 8,8 UT para le E2 donde se observa una descarga alta para el mes de Octubre para la E1 con un valor de $2,2\text{ m}^3/\text{s}$ y para la E2 $1,8\text{ m}^3/\text{s}$ lo cual se le puede atribuir probablemente a

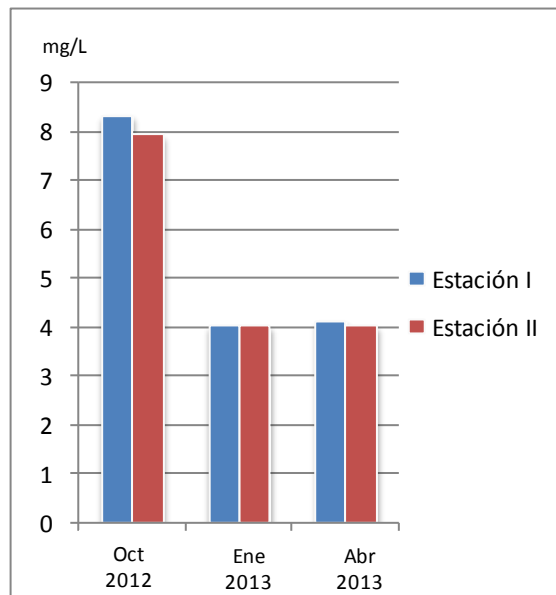
la baja concentración de sólidos suspendidos, debido a la descarga presentada en este muestreo, provocando disminución en las concentraciones de sólidos disueltos. En el mes de Enero del 2013 la turbidez registra un aumento en comparación con el mes Octubre 21,6 UT para E1 y 21,4 UT para E2 lo cual es atribuido a la disminución de la descarga para este mes de muestreo con un valor de 0,5 m³/s para E1 y 0,4 m³/s para E2; lo que provoca un aumento en la concentración de sólidos disueltos. En el mes de Abril del 2013 hay un aumento de la descarga tanto para la E1 como para la E2 con un valor 1,1 m³/s y 1,8 m³/s respectivamente, con lo cual se esperaría una disminución en el valor de la turbidez, lo cual no es expresado debido a que este valor puede ser atribuido al gran movimiento del agua en el sistema lótico, provocado por una creciente del río en el día previo a la toma de muestras y no por la concentración de Sólidos Disueltos. El comportamiento de la turbidez a lo largo de los tres muestreos corresponde a sistemas acuáticos neotropicales según descrito también en la quebrada Carrizal Medellín & Ramírez (2004).

Figura 3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



La situación óptima para la entomofauna es caracterizada por una Demanda Biológica de Oxígeno por debajo de 1 mg/L. Una demanda de 5 mg/L corresponde a contaminación ligera hasta moderada que aún sostiene una biocenosis rica en insectos acuáticos (Riss et. al 2002). La DBO₅ influye en la concentración de Oxígeno Disuelto. Es decir que a mayor DBO₅ se espera menor concentración de Oxígeno Disuelto y viceversa (Ramírez & Viña, 1998). Para este caso la Demanda de Oxígeno (figura 3) para el mes de Octubre 2012 no fue detectable e inferior de 2mg/L para los meses de Enero 2013 y Abril 2013, tanto para la E1 como para la E2, aguas con estas características de DBO₅ se ubican en una situación aceptable a nivel ecológico.

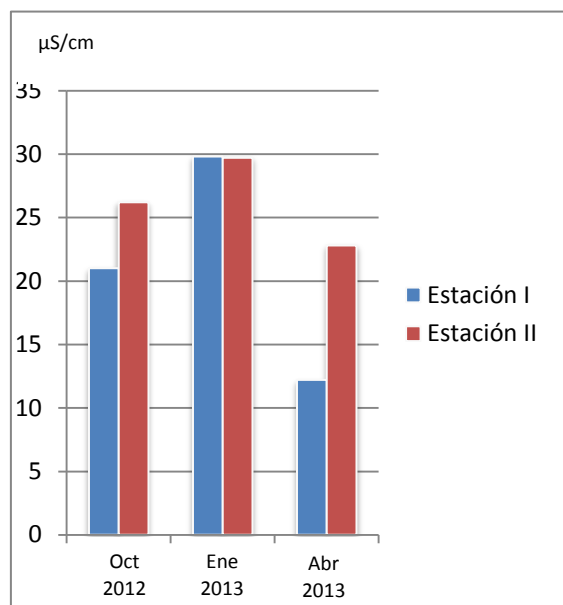
Figura 4. Oxígeno Disuelto en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



Se observa una disminución considerable en el valor del Oxígeno Disuelto en comparación del mes de Octubre del 2012 con los meses de Enero del 2013 y Abril del 2013. Mientras que en Octubre se obtuvo un valor cercano a los 8 mg/L lo cual está en el rango ideal de condiciones óptimas para los insectos acuáticos.

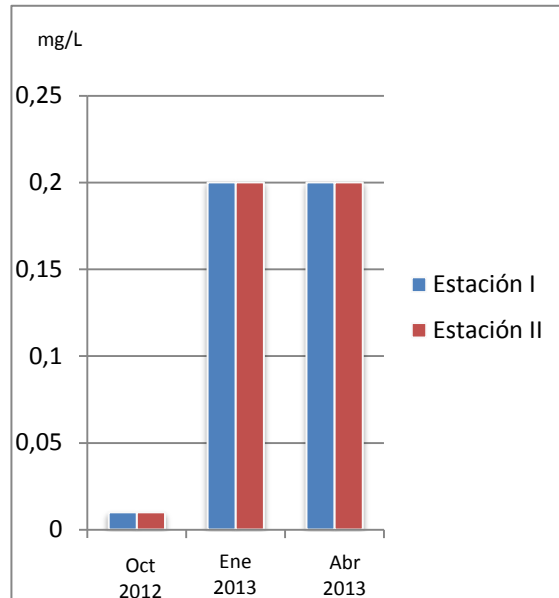
(Riss et. al 2002). La disminución del Oxígeno Disuelto para los meses de Enero y Abril con un valor de 4mg/L para las dos estaciones respectivamente, no llega a ser limitante para la entomofauna (Roldán, 1992).

Figura 5. Conductividad en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



El aumento o disminución de la conductividad es determinada por la concentración de sólidos disueltos (Roldán, 1992). La conductividad a lo largo de los tres muestreos apenas supera los 20 $\mu\text{S/cm}$, lo cual es asociado a sistemas de alta montaña (Roldán, 1992). Entre el parámetro de Descarga y Conductividad se establece un relación inversamente proporcional ya que para el mes de Octubre 2012 la Conductividad oscila entre 20 y 27 $\mu\text{S/cm}$ donde la Descarga oscila entre 1,8 y 2,3 mg/L; la misma relación se presenta en los otros dos meses de muestreo de precipitaciones bajas y altas.

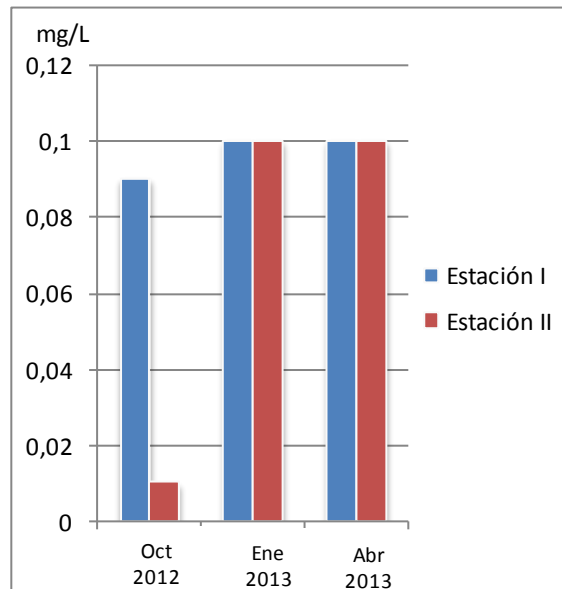
Figura 6. Ortofosfatos en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



Las concentraciones de Ortofosfatos a lo largo de los tres muestreos se encuentra inferior a 0,2mg/L lo cual es propio a cuerpos de aguas puras (Riss et. al 2002). Por otra parte este valor es característico a sistemas alto andinos (Ramírez & Viña, 1998). En concordancia en estudios realizados previamente en quebrada Mamarramos Rincón (2002) y quebrada Carrizal Medellín & Ramírez (2004).

A pesar de encontrarse en concentraciones muy bajas en el agua en modo de ortofosfato, este es de gran importancia en los ecosistemas acuáticos, por ejemplo ya que este se puede tomar como una medida de la productividad primaria en dicho ecosistema (Roldán, 1992).

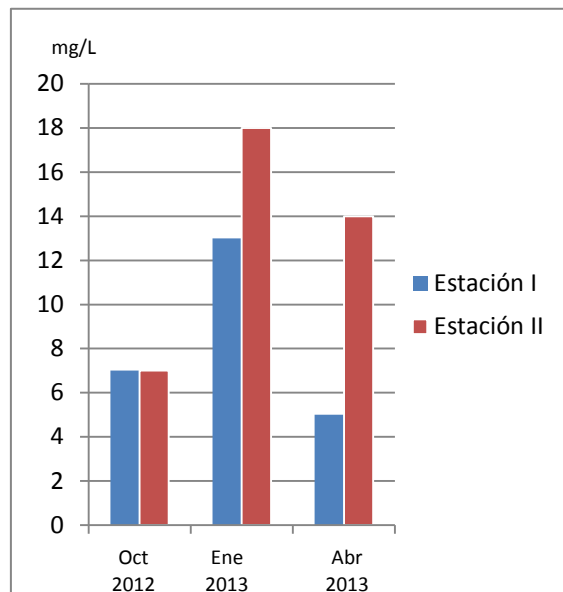
Figura 7. Nitratos en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



Las concentraciones de Nitratos obtenidas a lo largo de los tres muestreos, estuvieron por debajo de 0,1 mg/L tanto para la E1 como para la E2, lo cual es característico de un sistema acuático alto andino. En este caso las bajas concentraciones de Nitrato hace que no se afecte directamente los valores de la conductividad (Roldán, 1992)

Los valores obtenidos son muy bajos, lo cual radica en una característica general de ríos de alta montaña andinos, ya que esto generalmente corren por lechos pobres en nutrientes y regiones aun no perturbadas por el hombre (Roldán, 1992). Lo cual coincide con estudios previos como el de Medellín & Ramírez (2004) en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque.

Figura 8. Alcalinidad en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.

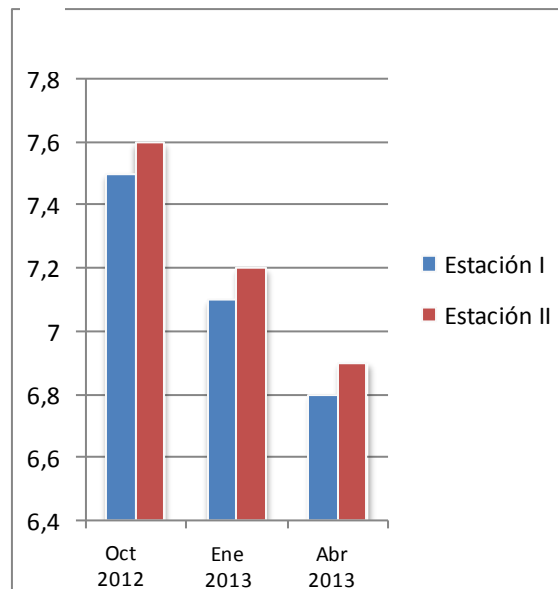


En el mes de Octubre 2012 se evidencia una disminución en la concentración de la Alcalinidad siendo un valor de 7mg/L, en el mes de Enero 2013 hay un aumento con un valor de 13mg/L para la E1 y 18mg/L para la E2; debido a las bajas precipitaciones, y en el mes de Abril 2013 en la E1 se da una baja concentración con un valor de 5mg/L, pero se presenta un aumento en la E2 con un valor de 14mg/L, esto debido al posible arrastre de Sólidos Disueltos de E1 a la E2 por efecto de la Descarga. La Alcalinidad obtenida está relacionada por bicarbonatos según (Roldán, 1992),

Esta relación está dada por las proporciones relativas teóricas de las tres formas de dióxido de carbono (CO_2 libre, HCO_3^- Bicarbonato y CO_3^{2-} Carbonato); una medida del pH básica estará relacionado con CO_2 libre, una medida básica estará

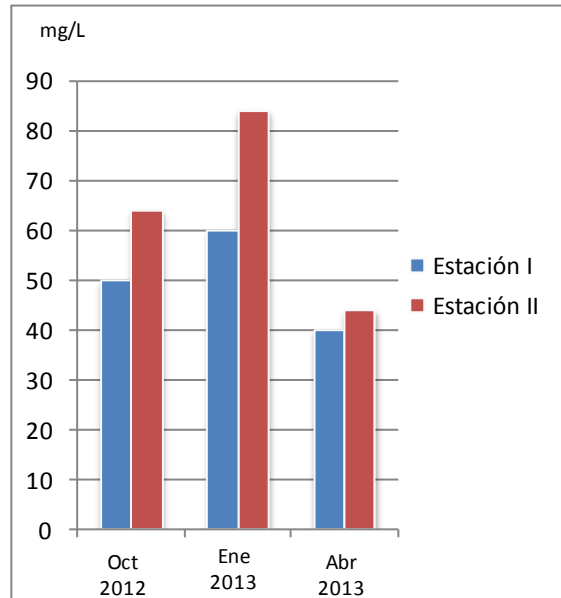
relacionado con presencia de CO_3 y en una media neutra como se presenta en el río Juiquín esta está relacionado con los HCO_3 (Roldán, 1992) (figura 9).

Figura 9. pH en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



El pH obtenido durante los tres muestreos es neutro, en un rango que oscila entre 6,5 y 7,5. Estos valores son característicos de ríos de alta montaña (Roldán, 1992). Esto en concordancia con los estudios realizados en sistemas acuáticos del Departamento de Cundinamarca en quebradas como Mamarramos Rincón (2002) y quebrada Carrizal Medellín & Ramírez (2004).

Figura 10. Dureza Total en los tres meses de muestreo en el río Juiquín entre el año 2012 - 2013.



Se puede inferir que las concentraciones de la Dureza Total determinan las variaciones de la Conductividad y Alcalinidad (figura 5 y 8). Esto explica que a lo largo de los tres muestreos el aumento o disminución de la Dureza Total provocaba una relación directa con estos parámetros fisicoquímicos ya mencionados, como se evidencia a lo largo de los tres muestreos. La relación de estos parámetros fisicoquímicos con las precipitaciones describe el comportamiento esperado para sistemas acuáticos neotropicales (Ramírez & Viña, 1998) y descrito también en Medellín & Ramírez (2004).

6.2 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

Los resultados obtenidos a partir del Análisis de Componentes Principales (figura 11), permite ver que los componentes que ordenan las demás variables son

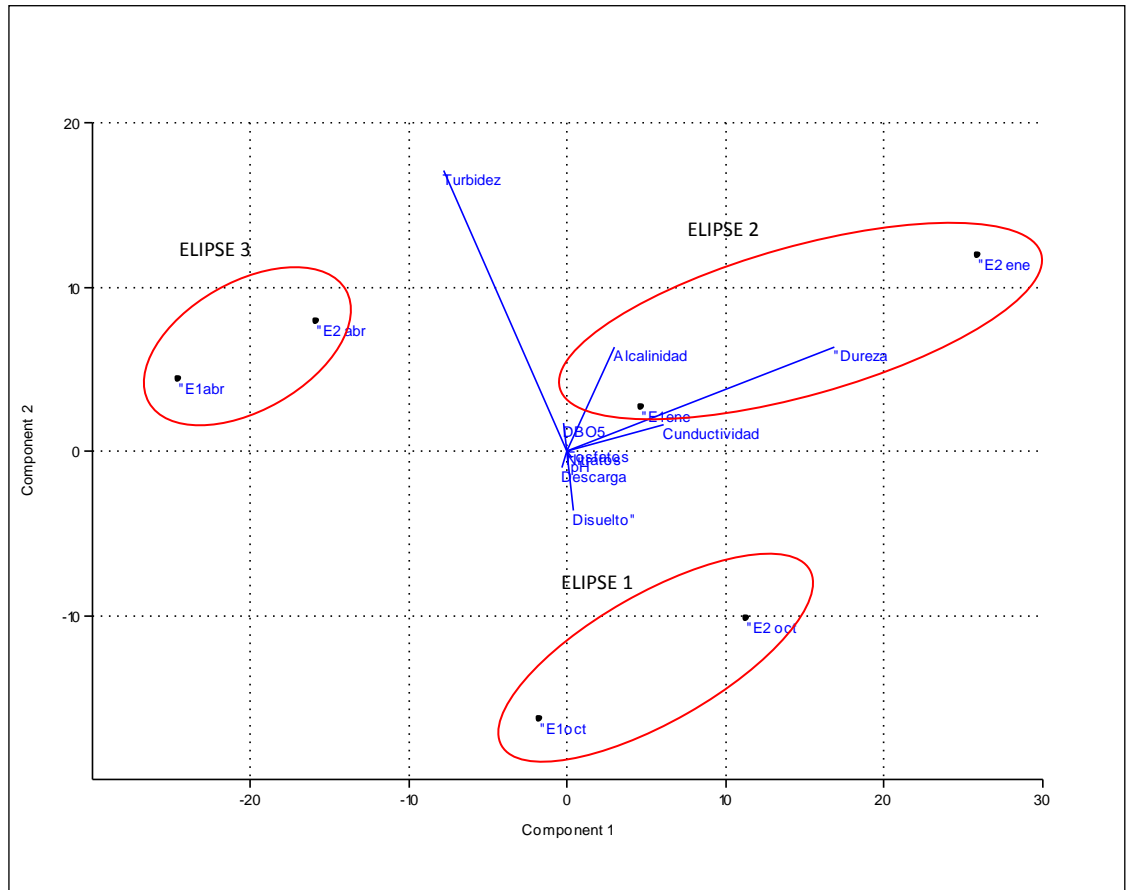
Turbidez y Dureza, con una significancia del 95%. A su vez en la gráfica se evidencia 3 agrupaciones determinadas por los periodos de bajas y altas precipitaciones de acuerdo con las variaciones en los parámetros fisicoquímicos analizados en el río Juiquín; confirmando su relación con la precipitación.

En el Elipse 1 corresponde al mes de Octubre del 2012 en un periodo de transición de precipitaciones altas a bajas, donde la variable de Oxígeno Disuelto tuvo un valor de 8mg/L mayor con relación a los meses de Enero 2013 y Abril de 2013 correspondientes a precipitaciones bajas y altas respectivamente.

En la Elipse 2 correspondiendo al mes de Enero del 2013 muestra una gran distancia entre la E1 y la E2, las variables Dureza Total y la Alcalinidad muestran un distanciamiento debido a las diferencias de concentración de estas dos variables, entre la E1 con un valor de 60mg/L para Dureza Total y en la E2 de 85mg/L para la misma variable; de la misma manera para la variable de Alcalinidad en la E1 es de 13mg/L y en la E2 es de 18mg/L. Para la variable de Conductividad tuvo un valor de 29,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las dos estaciones de muestreo lo cual es mayor con relación a los otros dos meses de muestreo.

La Elipse 3 del mes de Abril del 2013 corresponde a un periodo de precipitaciones altas, donde la variable Turbidez tuvo un valor de 35UT lo cual es mayor con relación a los otros dos meses de muestreo. Las relaciones entre las variaciones de los parámetros fisicoquímicos y las precipitaciones describen el comportamiento esperado para sistemas acuáticos neotropicales (Ramírez & Viña, 1998).

Figura 11. Análisis de componentes principales (PCA) para los fisicoquímicos de las estaciones de muestreo en el río Juiquín

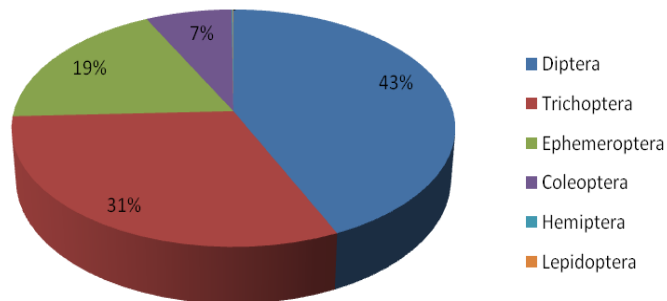


6.3 VARIABLES BIOLÓGICAS

Se encontraron un total de 3596 individuos distribuidos en 6 ordenes (Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera); distribuidos en 27 familias para toda la entomofauna; y para el Orden Trichoptera se identificaron 8 familias y 16 géneros. La entomofauna más representativa fue: Chironomidae 32,4%, *Ochrotrichia* 15,2%, Baetidae 12,7%, Simuliidae 7,2%, Elmidae 5,8%; por el contrario los menos representativos que están por debajo del 1% fueron: para

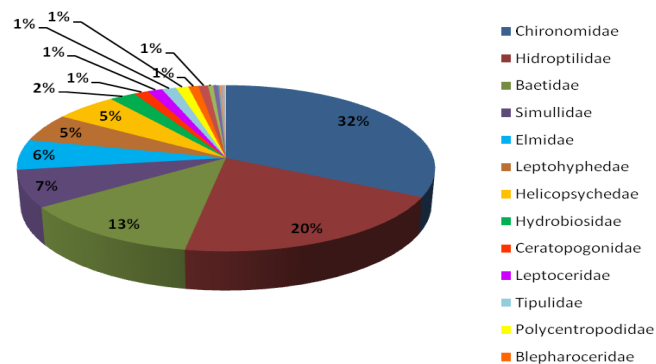
fauna acompañante la familia Ceratopogonidae y Tipulidae, Blepharoceridae; en cuanto al orden Trichoptera géneros como *Policentropus*, *Marilia* y *Nectopsyche* (Anexo 3).

Figura 12. Abundancia relativa de los órdenes de insectos acuáticos del río Juiquín



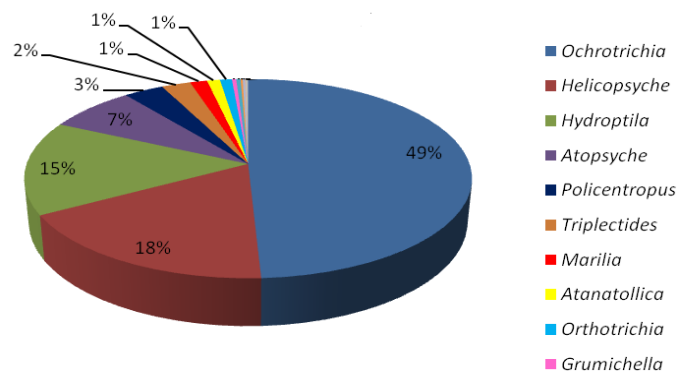
La abundancia relativa muestra que los órdenes con mayor abundancia son: orden Diptera es el que cuenta con mayor cantidad de organismos ya que alcanza un valor del 43% y con un total de 1556 individuos, el orden Trichoptera con un valor de 31% y con un total de 1116 individuos; y los órdenes con menos abundancia son Hemiptera y Lepidoptera con un valor inferior al 1%, donde el orden Hemiptera tiene un total de 4 individuos y para el orden Lepidoptera con un total de 2 Individuos.

Figura 13. Abundancia relativa de las familias de insectos acuáticos del río Juiquín



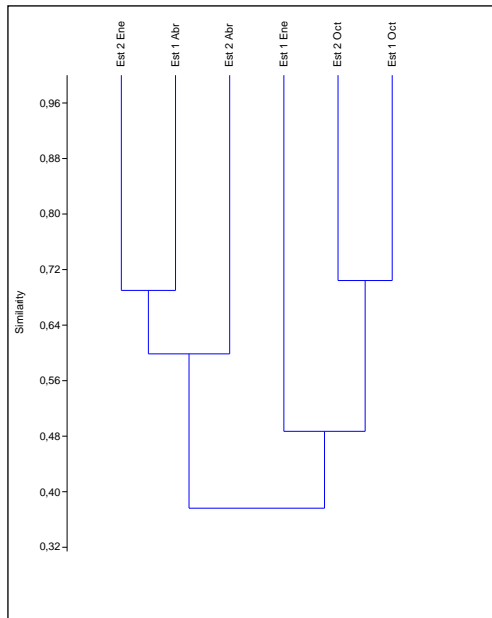
La abundancia relativa por familias (Figura 13) muestra que las familias con mayor abundancia son Chironomidae con un valor de 32% y con un total de 1168 individuos e Hidroptilidae con un valor 20% y con un total de 549 individuos; por lo contrario las familias con menor abundancia relativa son: la familia Scritidae con un valor inferior del 1% y con un total de 1 individuo, la familia Gerromorphavellidae con un valor inferior del 1% y con un total de 1 individuo.

Figura 14. Abundancia relativa por géneros del orden Trichoptera



La abundancia relativa para los géneros del orden Trichoptera muestra que los géneros con mayor abundancia son: *Ochrotrichia* con un valor del 49% y con un total de 549 individuos y el género *Helicopsyche* con un valor de 18% y con un total de 197 individuos. Para los géneros menos abundantes encontramos *Leptonema* con un valor inferior del 1%, con un total de 1 individuo; y el género *Phylloicus* con un valor inferior del 1%, con un total de 1 individuo.

Figura 15. Análisis temporal determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E1 y E2 para el río Juiquín.



En el mes de Octubre del 2012 se encontraron un total de 355 individuos correspondiendo este mes a precipitaciones de transición; encontramos que en la E1 y E2 de dicho mes de muestreo tiene una similaridad aproximada de 70%, esto debido a las abundancias similares en la entomofauna acompañante como Chironomidae donde la E1 cuenta con una abundancia de 18,8% teniendo un total de 67 individuos y la E2 cuenta con una abundancia 8,1% teniendo un total 31 individuos, la familia Baetidae en la E1 cuenta con un valor de 10,9% teniendo un total 39 organismos y la E2 con un valor de 3,6% teniendo un total de 13 organismos y por último la familia Elmidae en la E1 cuenta con un valor de 4,5% teniendo un total 16 organismos y en la E2 con un valor 7,3 % teniendo un total 26 organismos; para los géneros de Trichoptera mas abundantes fue *Ochrotrichia* en la E1 cuenta con un valor de 13,2% teniendo un total de 47 organismos y en la E2 cuenta con un valor de 17,4% teniendo un total de 62 organismos.

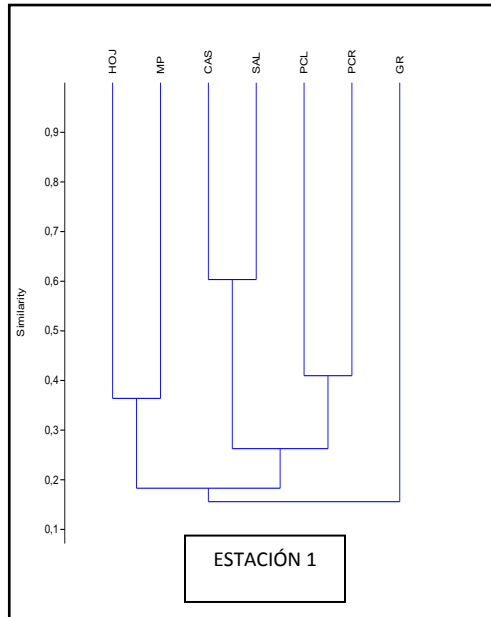
Teniendo en cuenta la segunda similaridad más alta identificada en el dendograma la cual fue del 68% para la E2 de Enero del 2013 y Abril del 2013 para E1. A pesar de agruparse dos meses diferentes de muestreo como Enero del 2013 con un periodo de precipitaciones bajas y Abril del 2013 de precipitaciones altas, se justifica por las abundancias similares de la entomofauna acuática encontrada en los dos meses de muestreo.

La fauna acompañante se presenta con familias como Chironomidae para la E2 en Enero del 2013 con una abundancia relativa del 23,7% con 516 individuos; mientras que para Abril del 2013 se identificaron 356 individuos con una abundancia relativa de 16,5%. Para la familia Leptohyphidae se encontraron 68 individuos con una abundancia relativa de 3,1% en la E2 de Enero del 2013 y para la E1 de Abril del 2013 se encontraron para la misma familia 58 con individuos con una abundancia relativa del 2,6%.

Por último en fauna acompañante se destaca la familia Elmidae con 57 individuos para la E2 en Enero del 2013 con una abundancia relativa de 2,6% y para E1 del mes de abril se identificaron 48 individuos con una abundancia relativa de 2,2%.

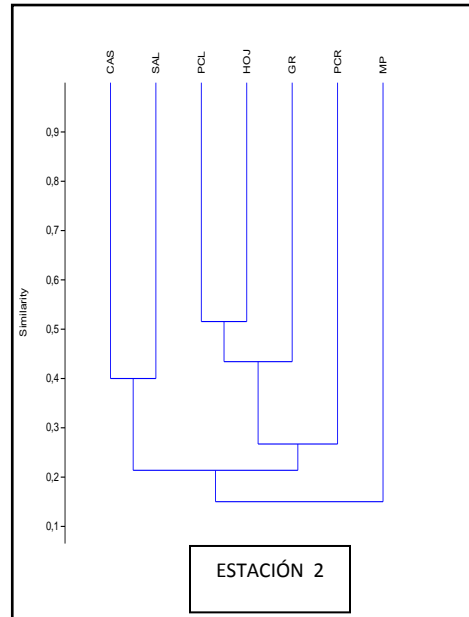
Para los géneros del orden Trichoptera identificados se destaca *Helicopsyche* con 36 individuos para E2 de Enero del 2013 con una abundancia relativa de 1,6% y para E1 de Abril del 2013 con 41 individuos con una abundancia relativa de 1,8%, otro género que determina esta similaridad es *Atopsyche* con 29 individuos para la E2 del mes de Enero del 2013 con una abundancia relativa 1,3% y para E1 del mes de Abril se identificaron 24 individuos con una abundancia relativa del 1,1%.

Figura 16. Análisis espacial determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E1 en el río Juiquín.



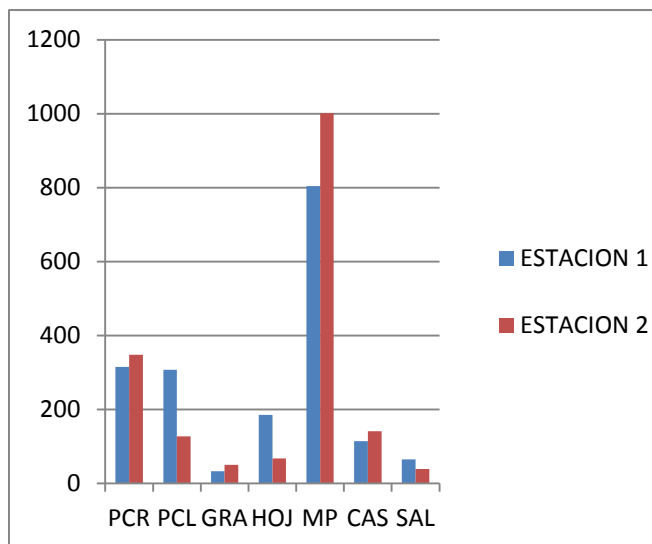
Los coriotopos con mayor similitud, son CAS – SAL y PCR – PCL. El primero presenta una similitud del 63%. Esta similitud se le atribuye a la tricotero fauna representada por los géneros *Ochrotrichia* y fauna acompañante Chironomidae, Elmidae y Baetidae como las más representativas. El segundo tiene una similitud del 42%. Debido a la representación de tricoteros en ambos coriotopos como los géneros *Helicopsyche* e *Hydroptila* y en fauna acompañante con las familias Chironomidae y Baetidae. En cuanto a la baja similitud de GR con los otros coriotopos se debe a su baja abundancia en tan solo un género *Helicopsyche* y en dos familias Chironomidae – Elmidae.

Figura 17. Análisis espacial determinado con el cluster de análisis de Bray-Curtis para el E2 en el río Juiquín.



La mayor similaridad se evidencia en PCL- HOJ de 52%. Donde la tricopteroфаuna es ausente y entomofаuna acompañante presente a la familia Chironomidae, Leptohyphidae y Elmidae. Los anteriores muestran una similaridad del 43% con GR. Debido a la familia Chironomidae, Elmidae, Leptohyphidae. En cuanto la similaridad del 40% entre CAS y SAL, en tricopteroфаuna está representada por los géneros *Ochrotrichia* y *Atopsyche*. En fauna acompañante la similaridad es atribuida a familias como Simuliidae, Elmidae y Staphylinidae. La discriminación de MP se le atribuye al género *Ochrotrichia*, por su gran abundancia con respecto a los otros coriotopos. De la misma manera en fauna acompañante se destaca la familia Chironomidae.

Figura 18. Abundancia total por coriotopos para el río Juiquín mediante la totalidad de insectos colectados a lo largo de los tres muestreos entre el año 2012 - 2013.



La abundancia total por coriotopos para la E1 fue de 1823 (50,6%) y para E2 es de 1773 individuos (49,3%). Los coriotopos con mayor abundancia a lo largo del estudio en primera instancia fue musgo sobre piedra (MP) con 804 individuos (44,1%) para la E1 y en la E2 con un total de 1001 individuos (56,4%). En piedra corriente rápida (PCR) en E1 se registraron 315 individuos (17,2%) y en E2 con 348 individuos (19,6%); en piedra corriente lenta (PCL), donde en E1 se registraron 307 individuos (16,8%) y en E2 con 127 individuos (7,1%). Los coriotopos con menor abundancia son salpicadura (SAL) con 65 individuos (3,5%) en E1, para E2 se registraron 39 individuos (2,1%), en gravilla (GR) con 33 individuos (1,8%). Para E1 y para E2 se registraron 50 individuos (2,8%). Estos coriotopos también fueron los menos abundantes para el estudio realizado en la río Cane Medellín & Ramírez (2004). Las familias que se ubican en MP para fauna acompañante son: Chironomidae con 253 individuos (31,4%) en E1 y en E2 se encontraron 516 individuos (51,5%); Baetidae con 76 individuos (9,4%) para la E1 y para E2 con 110 individuos (10,9%) y Elmidae con 81 individuos para la E1

(10%) y en E2 se registraron 52 individuos (5,1%). En cuanto a Trichoptero fauna el género predominante fue *Ochrotrichia* con 239 individuos (29,7%) para E1 y en E2 con 202 individuos (20,1%). Lo cual coincide en estudios previos realizados por Rincón (2002) y Medellín & Ramírez (2004) mostrando el género *Ochrotrichia* como uno de los géneros más dominantes para el mismo coriotopo.

La abundancia de estas tres familias se les atribuye a su hábitat y su hábito ya que tienen la característica de encontrarse en sustratos como vegetación acuática o sedimentos, donde filtran, colectan y raspan el sustrato, obteniendo la materia orgánica particulada finamente en este y materia vegetal en descomposición, donde algunos habitan zonas de poca corriente y poco profundas. Para el género *Ochrotrichia* su presencia en este coriotopo se le atribuye principalmente porque este sustrato les brinda materia orgánica y granos de arena, materiales que usan para la construcción de sus capullos; por otra parte estos tienen como hábito alimenticio es raspar o ramoniar la superficie de su sustrato consumiendo la materia orgánica que captura (Liévano & Ospina, 2007).

Para los coriotopos de piedra corriente rápida (PCR) y piedra corriente lenta (PCL) las familias más representativas de fauna acompañante fueron, Simuliidae con 86 individuos (27,3%) para la E1 y para la E2 con 100 individuos (28,7%), la abundancia de esta familia se le atribuye a sus adaptaciones morfológicas ya que su capsula cefálica bien desarrollada posee un par de antenas en morfa de abanicos de pelos con las que filtran las partículas orgánicas llevadas por la corriente de agua, así mismo también presenta una propata protoraxica con una ventosa terminal la le permite adherirse a sustratos como rocas y piedras (Liévano & Ospina, 2007). Así como en MP también se presenta la familia Baetidae como una de las más predominantes para PCR con 62 individuos (19,6%) para E1 y en E2 con 69 individuos (19,8%), esta familia se encuentra principalmente en ríos y arroyos donde se sujetan a las piedras en zonas de corriente (Liévano & Ospina, 2007); en PCL no se registra una familia dominante para fauna acompañante.

En cuanto a la Trichoptero fauna en PCR el género dominante es *Hydroptila* con 42 individuos (13,3%) para E1 y para E2 no se registra ningún individuo para este género, infiriendo que este género principalmente necesita de aguas altamente oxigenadas y con alto movimiento donde en la E1 registro a lo largo de los dos primeros muestreos una mayor descarga en comparación a la E2 (Roldán,1988). Lo mismo se observó para este género en PCL, donde en E1 se registraron 106 individuos (33,6%) y para la E2 nos se registró ningún individuo de este género. Otro género dominante en PCL del orden Trichoptera fue *Helycopsyche* con 104 individuos (33,8%) para la E1 y para la E2 con 14 individuos (11%). Estos organismos se encuentran comúnmente asociados a las piedras con corrientes lentas, son organismos raspadores que se alimentan especialmente de diatomeas que se encuentran sobre las piedras y las rocas (Liévano & Ospina, 2007). El género *Helycopsyche* mencionado anteriormente como dominante en este estudio coincide como género dominante para coriotopos estables en estudios realizados en Rincón (2002) y Medellín & Ramírez (2004).

Tabla 1. Diversidad por coriotopos, por estación de muestreo y total mediante el índice de diversidad de Shannon – Wiener

Coriotopo	E1 Shannon	E2 Shannon
Piedra Corriente Rápida (PCR)	2,0 bits/Ind	2,15 bits/Ind
Piedra Corriente Lenta (PCL)	1,8 bits/Ind	2,04 bits/Ind
Gravilla (GRA)	1,6 bits/Ind	1,86 bits/Ind
Hojarasca (HOJ)	0,7 bits/Ind	1,00 bits/Ind
Musgo sobre Piedra (MP)	1,9 bits/Ind	1,52 bits/Ind
Cascada (CAS)	1,5 bits/Ind	1,84 bits/Ind
Salpicadura (SAL)	1,6 bits/Ind	1,07 bits/Ind
Estación	2,3 bits/ind	2,0 bits/ind
Río Juiquín	2,2 bits/ind	

El índice de diversidad de Shannon suele tener un rango de 0-5, este generalmente recae entre 1,5 y 3,5 y rara vez sobrepasa los 4,5 bit/ind (Magurran, 1989). De esta manera los coriotopos más diversos para la E1 son PCR y MP; se obtuvo una diversidad de 2,0 bits/Ind; para PCR donde este tiene una riqueza de 6 géneros del orden Trichoptera entre los que encontramos *Helicopsyche* con 37 individuos e *Hydroptila* con 42 individuos y las familias para entomofauna acompañante tiene una riqueza de 11 familias en donde las más representativas fueron Simuliidae con 86 individuos y Baetidae con 64 individuos; para MP se obtuvo un índice de diversidad 1,9 bits/ind con una riqueza de 10 géneros para el orden Trichoptera donde los más representativo fue *Ochrotrichia* con 233 individuos y para fauna acompañante Chironomidae con 253 individuos y Staphylinidae con 80 individuos con una riqueza de 12 familias; los menos diversos para esta estación fueron los coriotopos HOJ y CAS, posiblemente a la ausencia de géneros de Trichoptera y familias de la entomofauna en general capaces de colonizar este tipo de micro hábitats y a la poca estabilidad de estos en comparación a la estabilidad que puede llegar a ofrecer sustratos con rocas y musgo.

Para la E2 el coriotopo más diverso es PCR donde cuenta con un valor de 2,1 bits/Ind, en este coriotopo cuenta con una riqueza de 8 géneros para el orden de Trichoptera entre los que encontramos *Atopsyche* con 27 individuos y *Helicopsyche* con 23 individuos como los más representativos y para la entomofauna acompañante se obtiene una riqueza 9 familias en donde las más representativas fueron Simuliidae con 100 individuos y Baetidae con 69 individuos. El coriotopo en segunda media más diverso para la E2 fue PCL con un valor de 2,0 bits/ind; con una riqueza de 8 géneros del orden Trichoptera donde los más representativos el género de *Policentropus* con 15 individuos y en segunda medida el género *Helycopsiche*. En cuanto a fauna acompañante se destaca la familia Chironomidae con 50 individuos. Los coriotopos menos diversos para esta

estación fueron HOJ y SAL con una riqueza de géneros de Trichoptera de dos y cuatro familias de fauna acompañante.

Los coriotopos más diversos registrados en la investigación fueron PCL, PCR y MP. Estos coriotopos también fueron reportados como los más diversos en Medellín & Ramírez (2004) para la quebrada Carrizal; donde estos oscilaron entre 1,6 y 2,0 bits/ind. En términos de diversidad para el río Juiquín se obtuvo un valor de 2,2 bits/ind (tabla 1). Comparado con los estudios realizados por Medellín & Ramírez (2004) el río Juiquín es más diverso que el río Cane con una diversidad de 1,4 bits/ind y tiene una diversidad similar con la Quebrada Colorada 2,18 bits/ind.

Tabla 2. Valores de Indicación por familias en cada estación de muestreo y resultados del BMWP y el PPT para cada estación propuesto por Riss et. al (2002) e implementado por Liévano & Ospina (2007).

Orden	Familia	Estación I	Estación II
Coleoptera	Elmidae	5	5
	Psephenidae	10	10
	Staphylinidae	5	5
	Ptilodactylidae	9	
	Scirtidae	6	
Diptera	Chironomidae	2	2
	Simuliidae	7	7
	Ceratopogonidae	7	7
	Tipulidae	3	3
	Blepharoceridae	8	8
	Empidiidae	5	5
	Psychodidae	2	
	Muscidae		8

Ephemeroptera	Baetidae	7	7
	Leptohyphidae	8	8
	Leptophlebiidae	8	8
Hemiptera	Corixidae	5	5
	Veliidae	5	
Lepidoptera	Pyralidae	2	
Trichoptera	Hydroptilidae	7	7
	Helicopsychidae	7	7
	Hydrobiosidae	6	6
	Polycentropodidae	9	9
	Leptoceridae	7	7
	Odontoceridae	10	10
	Calamoceratidae	10	
	Hydropsychidae	9	9
Valor BMWP		169	143
Familias		26	21
Valor PPT		6,5	6,8

En la tabla 2 se presentan los valores de puntuación BMWP y PPT obtenidos para las dos estaciones de muestreos E1 y E2. Se observa que en el curso principal del río Juiquín los valores de PPT de bioindicación tienen un valor óptimo tanto en la E1 y E2. En términos generales se puede afirmar que el estado actual del río Juiquín antes de la intervención de la hidroeléctrica de Sueva I, la calidad ecológica de las aguas superficiales del cuerpo de agua es de clase I es decir óptima (Anexo 5). Este resultado arrojado por el PPT corrobora los datos obtenidos a lo largo de los tres muestreos en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, donde estos muestran al cuerpo de agua con condiciones naturales y óptimas para supervivencia de la entomofauna acuática en general.

7. CONCLUSIONES

La Entomofauna acuática de un sector del río Juiquín está constituida por 6 ordenes distribuidos en 35 familias con un total de 3596 individuos; las familias y géneros más abundantes fueron: las familias Chironomidae, Baetidae, Simuliidae, Elmidae y géneros como Ochrotrichia y Helicopsyche.

Los periodos de bajas y altas precipitaciones determinan los parámetros fisicoquímicos analizados y las variaciones de las abundancias en los organismos colectados en el mes de Octubre 2012 (mes de transición de altas precipitaciones a bajas) y en el mes de Enero 2013 (bajas precipitaciones). Las cuales coinciden con datos registrados en trabajos anteriormente desarrollados como Rincón (2002) y Medellín & Ramírez (2004).

Los coriotos mas diversos y abundantes en el río Juiquín a los largo de los tres muestreos fueron MP, PCR Y PCL; siendo estos los más estables para la entomofauna acuática.

El río Juiquín puede catalogarse como un sistema con una calidad ecológica óptima en la cuenca baja para la entomofauna acuática, según los datos obtenidos mediante el PPT los cuales fueron altos para el sistema.

El BMWP propuesto por Riss et. al (2002) e implementado por Liévano & Ospina (2007) constituye un método confiable a una aproximación real de la calidad ecológica del río Juiquín.

Se está estudiando el reporte de un nuevo género para Colombia según la clave taxonómica de Lopretto & Tell (1995), el espécimen pertenece al orden Trichoptera, Familia Hidroptilidae y género Orthotrichia no reportado por Muñoz-Quesada (2000) para Colombia pero si para el neotrópico, el trabajo de este autor

es una de las últimas investigaciones que se ha hecho en este orden a nivel nacional, de la misma manera este género es reportado en Panamá y Antillas por Springer (2010) pero nunca antes reportado para Colombia.

RECOMENDACIONES

- Es importante mencionar que la baja cantidad de estaciones no permite evidenciar efectos de perturbación que se estén efectuando a lo largo de la cuenca del río Juiquín por la intervención de la hidroeléctrica Sueva I o actividades principales de la economía como la agricultura, piscicultura y ganadería entre otros. De esta manera se recomienda un esfuerzo de muestro mucho más intenso a lo largo de la cuenca del río Juiquín.

BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor, J. (1996) Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio de Agua en Andalucía (SIAGA)*, 2, 203-213.

Andrade G. E., Ortiz, C., & Salavarieta, L. E. (1992). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en cuatro estaciones de la zona media del río Bogotá*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Baigún, C., Oldani, N., Van Damme, P.A. (2011). *Represas hidroeléctricas en América Latina y su impacto sobre la ictiofauna: lecciones aprendidas*. P. 391-400. Edit. INIA, Cochabamba, Bolivia. 490 p.

Cárdenas, J. (2005). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogotá, Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Domínguez, E., & Fernández, H.R. (1998). *Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico*. Tucumán, República Argentina.

Domínguez, E. & Fernández, H.R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Fernández, H. R., Domínguez, F., Romero, M. G. (2006). *La calidad del agua y la bioindicación en los ríos de montaña del noroeste argentino*. Edición 16. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Guerrero, F., Manjarrez, A., & Núñez, N. (2003), *Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua*. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2006). Bioindicación de la calidad del agua en la Sabana de Bogotá – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuro-adaptativa como herramienta. *Caldasia*, 28 (1): 45-56.

Laython, M. (2003). *Caracterización de macroinvertebrados acuáticos en los Ríos Arzobispo y San Cristóbal (Cerros Orientales, Bogotá-Colombia), en la misma franja altitudinal y con énfasis en Chironomidae (Diptera)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Liévano, A., & Ospina, R. (2007). *Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del Río Bahamón*. Bogotá, Colombia: Universidad del Bosque.

Lopretto, C.E. & Tell, G. (1995). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. Editorial Sur, Tomo I, II y III. La Plata, Argentina.

Magurran, A. (1989). *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona, España: Ediciones Vedra.

Malca, L. (1997). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de contaminación por metales pesados en el río Moche. Trujillo, Perú.

Medellín, F., Ramírez, M., & Rincón, M^a. E. (2004). Trichoptera del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología*, 30 (2), 197-203.

Montoya, Y., Acosta, Y., & Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia*, 33 (1): 193-210.

Muñoz, F. (2000). Especies del orden Trichoptera (Insecta) en Colombia. *Biota Colombiana* 1 (3):267-288.

Paredes, C., Iannacone, J., & Alvarino, L. (2005). Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31 (2), 219-225.

Parque Nacional Natural Chingaza. (2009). *Documento ejecutivo del plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza 2005-2009*. Recupero de <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/EjecutivoChingaza.pdf>

Pava, D. M., & Sánchez, L. (1996). *Macroinvertebrados del río Barandillas zona alta del río Bogotá (Cundinamarca)*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Primack, R.B. (2010) *Fundamentos de la Biología de la Conservación*. Traducido y adaptado por: Rodrigo Torres Núñez, Bogotá D.C.

Ramírez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Riss, W., Ospina, R., & Gutiérrez, J. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*, 24 (1), 135-156.

Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Editorial Presencia Ltda.

Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Academia Colombiana de Ciencia*, 23 (88): 375-387.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad de aguas en Colombia. Uso del método BMWP/Col. 1ra ed.* Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical 2nd ed.* Medellín, Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia.

Rincón, M^a. E. (1996). Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizai (Boyacá), Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 22 (1): 53-60.

Rincón, M^a. E. (2002). Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos Boyacá, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 28 (1): 101-108.

Ruiz, M^a. V., & Rincón, M^a. E. (2002). Calidad Ecológica de Río Villeta (Villeta – Cundinamarca) .*TED – Tecne Episteme Y Didaxis – Revista de la facultad de ciencia y tecnología – Universidad Pedagógica Nacional*, (12): 62-76.

Sánchez, M. J. (2005). El índice biológico (Biological Monitoring Working Party score), Modificado y adaptado al cauce principal del río pamplonita norte de

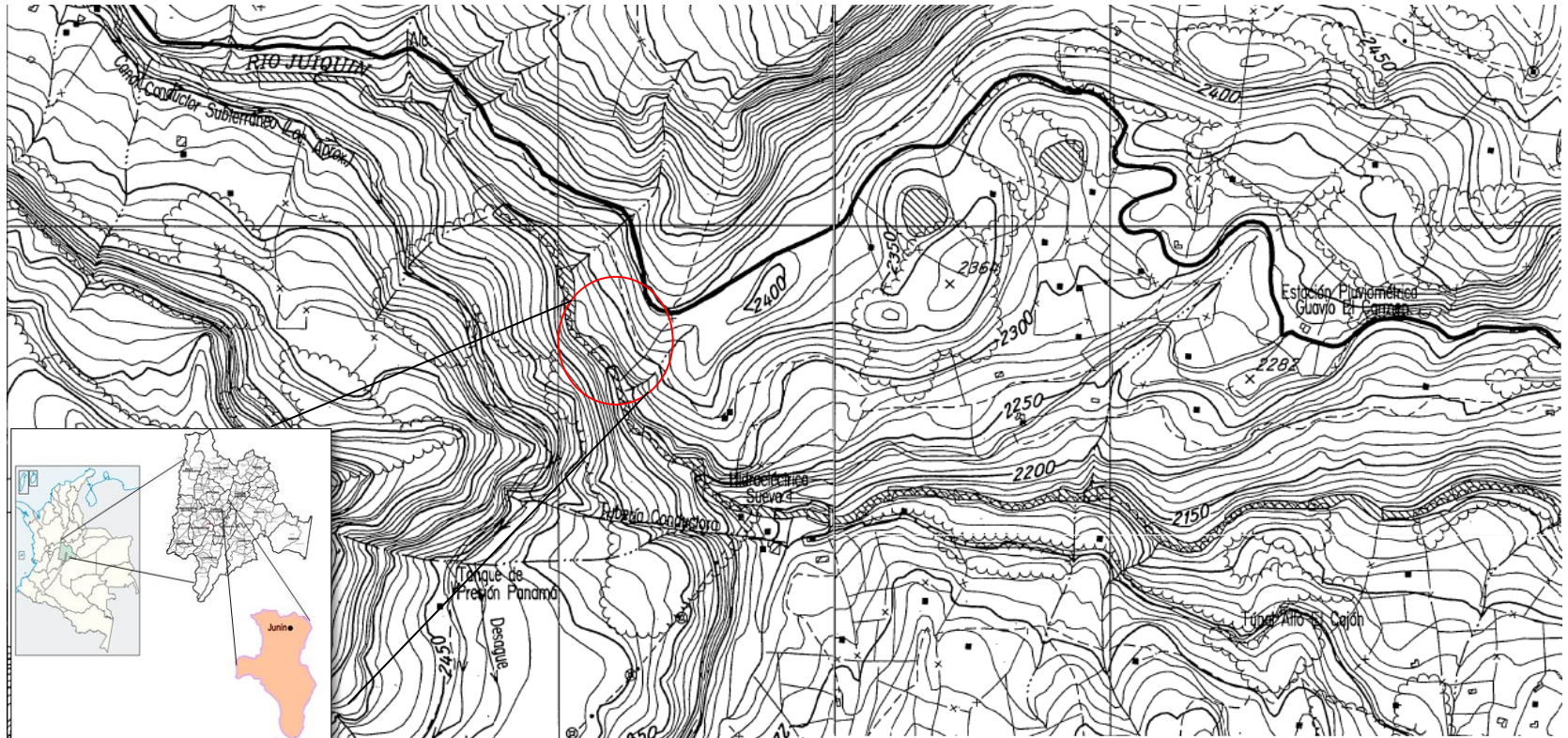
Santander. *Universidad de Pamplona Colombia - Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3 (2): 54-67.

Springer, M. (2010). Trichoptera capítulo 7. *Revista Biología Tropical*, 58 (4): 151-198.

Zúñiga. M^a. del C. (2009). *Bioindicadores de la calidad de agua y caudal ambiental: Caso río Meléndez (Valle del Cauca, Colombia)*. Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

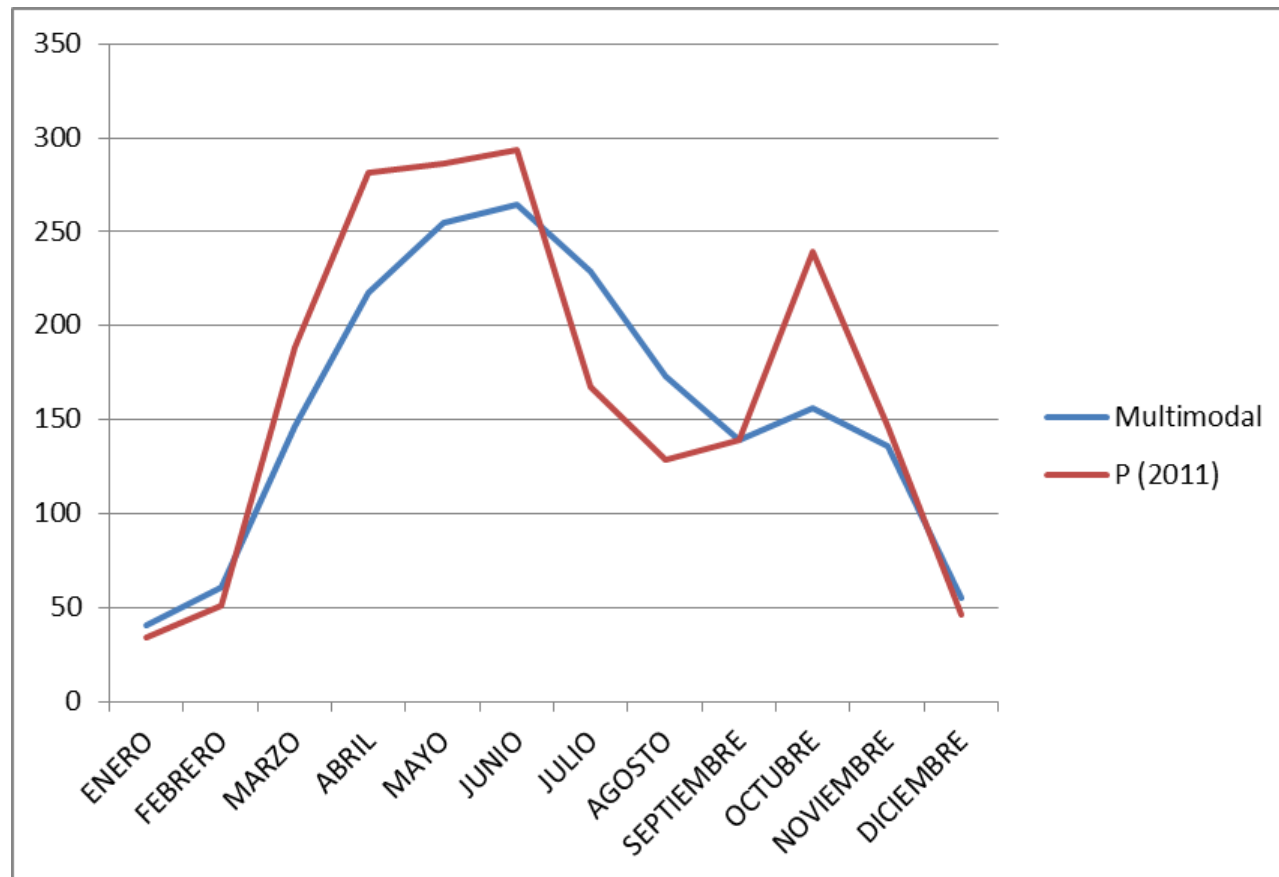
ANEXOS

Anexo 1. Mapa de la Zona



Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Hoja No. 228 – II – C3 y Hoja No 228 – II – C – 4. 2013

Anexo 2. Multimodal de la estación Claraval del municipio de Junín



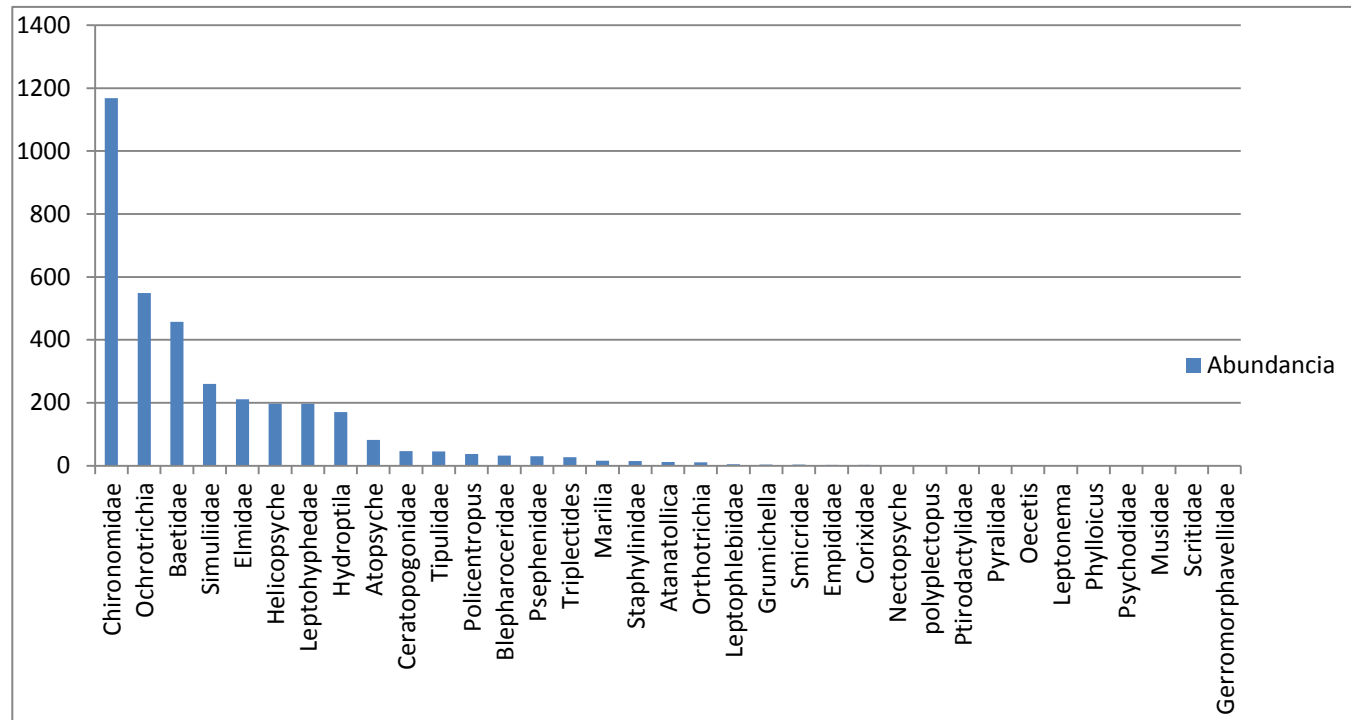
Fuente. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2012.

Anexo 3. Abundancia total por estaciones

Orden	Familia	Género	Estación		TOTAL
			I	II	
Coleoptera	Elmidae		102	109	211
	Psephenidae		10	20	30
	Staphylinidae		11	4	15
	Ptilodactylidae		2		2
	Scirtidae		1		1
Diptera	Chironomidae		498	670	1168
	Simuliidae		136	124	260
	Ceratopogonidae		24	22	46
	Tipulidae		31	14	45
	Blepharoceridae		12	20	32
	Empidiidae		1	2	3
	Psychodidae		1		1
	Muscidae			1	1
Ephemeroptera	Baetidae		240	217	457
	Leptohyphidae		81	116	197
	Leptophlebiidae		3	2	5
Hemiptera	Corixidae		1	2	3
	Gerromorphaveliidae		1		1
Lepidoptera	Pyralidae		2	0	2
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	1		1
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	149	48	197
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	27	55	82
	Hydropsychidae	<i>Smicridae</i>	1	3	4
		<i>Leptonema</i>		1	1
	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>	257	292	549

	<i>Hydroptila</i>	165	5	170
	<i>Orthotrichia</i>	7	4	11
Leptoceridae	<i>Triplectides</i>	18	9	27
	<i>Atanatotllica</i>	6	6	12
	<i>Grumichella</i>	3	1	4
	<i>Nectopsyche</i>	1	1	2
	<i>Oecetis</i>	1		1
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	11	5	16
Polycentropodidae	<i>Policentropus</i>	19	18	37
	<i>Polyplectopus</i>		2	2

Anexo 4. Grafica de abundancia total para el río Juiquín



Anexo 5. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del índice BMWP Riss et. al (2002) y Liévano & Ospina (2007)

indice	familia	T _m	indice	familia	T _m
10	Calamoceratidae	9.5	5	Elmidae	5.0
	Hydrochidae	9.5		Hydrophilidae	4.7
	Psephenidae	9.5		Acari	4.5
9	Anomalopsychidae	8.6		Amphipoda	4.5
	Curculionidae	8.6		Coenagrionidae	4.5
	Ptilodactylidae	8.6		Dixidae	4.5
	Aeshnidae	8.5		Empididae	4.5
	Delphacidae	8.5		Gerridae	4.5
	Hydropsychidae	8.5		Gyrinidae	4.5
	Perlidae	8.5		Notonectidae	4.5
	Polycentropodidae	8.5		Saldidae	4.5
8	Xiphocentronidae	7.7		Staphilinidae	4.5
	Leptohiphidae	7.7		Tetanoresidae	4.5
	Blephariceridae	7.6	4		
	Cladocera	7.6	3		
	Muscidae	7.6	Tipulidae	3.0	
	Glossosomatidae	7.6	Bivalvia	2.9	
	Leptophlebiidae	7.6	Hirudinea	2.4	
7	Leptoceridae	7.0	Planorbidae	2.1	
	Helicopsychidae	6.9	2		
	Cantharidae	6.7	Pyridae	1.9	
	Collembola	6.7	Culicidae	1.8	
	Ancylidae	6.5	Dytiscidae	1.8	
	Baetidae	6.5	Chironomidae	1.5	
	Ceratopogonidae	6.5	Haplotaxida	1.5	
	Mermethidae	6.5	Physidae	1.5	
	Tabanidae	6.5	Planariidae	1.5	
	Simuliidae	6.4	Psychodidae	1.5	
	Hydroptilidae	6.1	Syrphidae	1.5	
6	Hydrobiosidae	5.6	CLASE	VALOR PPT	
	Scirtidae	5.2	Clase I	6,4 – 6,7	
			Clase II	5,9 - 6,3	
			Clase III	5,5 – 5,8	
			Clase IV	5,0 – 5,4	
			Clase V	4,5 – 4,9	

Fuente. Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá y Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón.