



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA A TRAVÉS DE  
LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS CON  
ÉNFASIS EN TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA Y DIPTERA.**

**TURMEQUÉ – BOYACÁ**

**Biol. YAMILE ASTRID RAMOS ROBAYO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**TUNJA**

**2018**

**CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.**  
**Yamile A. Ramos R**





EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA A TRAVÉS DE  
LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS CON  
ÉNFASIS EN TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA Y DIPTERA.

TURMEQUÉ – BOYACÁ

Biol. YAMILE ASTRID RAMOS ROBAYO  
Grupo de Investigación en Salud Pública. GISP

Trabajo de grado  
Para optar al título de Magister en Ciencias Biológicas

Director  
Ph.D. Fred Gustavo Manrique Abril  
Director del Grupo de Investigación en Salud Pública.GISP

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

TUNJA

2018

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.  
Yamile A. Ramos R



*Dedico este libro a Dios, a Nuestra Madre del Cielo y a San Francisco de Asís el padre de la Ecología. Hago un homenaje especial a mi sobrinito Diego Alejandro Ramos Murillo angelito que se encuentra en el cielo y a Marco Antonio Ramos Muñoz, mi padre que en paz descansa.*

**“Protejamos nuestras Fuentes Hídricas y tendremos agua para hoy y el futuro”**



## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Fred Gustavo Manrique Abril. **Ph.D en Salud Pública, Director del Grupo de Investigación en Salud Pública. GISP. Escuela Enfermería - UPTC**

### CERTIFICA:

Que el trabajo de grado realizado bajo mi dirección por **Yamile Astrid Ramos Robayo** titulado “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA A TRAVÉS DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS CON ÉNFASIS EN TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA Y DIPTERA. TURMEQUÉ – BOYACÁ”, reúne las condiciones de originalidad requeridas para optar al título de **Magister en Ciencias Biológicas otorgado** por la **UPTC**.

Y para que así conste, firmo (o firmamos) la siguiente certificación en Tunja, 19 de Julio de 2018.

\_\_\_\_\_  
Fred Gustavo Manrique Abril. **Ph.D.**  
Director

\_\_\_\_\_  
Nombre completo. Nivel Formación. NA  
Codirector

\_\_\_\_\_  
Nelson Javier Aranguren Riaño. **Dr.**  
Jurado 1

\_\_\_\_\_  
Adriana Janneth Espinosa Ramírez. **Dr.**  
Jurado 2

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.  
Yamile A. Ramos R



Contenido	Pág
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tablas.....	7
Lista de anexos .....	8
<b>A.CAPITULO 1. GENERALIDADES<sup>9</sup></b>	
1. Objetivos .....	10
1.1. GENERAL .....	10
1.2. ESPECÍFICOS .....	10
2. Estado Del Arte .....	10
2.1 ANTECEDENTES .....	10
2.1.1 Otros estudios. En América: .....	13
2.1.2 Estudios de bioindicación.....	14
2.2.1 Macroinvertebrados bénticos. ....	16
2.2.1.1 Orden Ephemeroptera.....	19
2.2.1.2 Orden Trichoptera.....	20
2.2.1.3 Orden Díptera.....	21
<b>B.CAPITULO 2. Artículo 1. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO.....</b>	27
RESUMEN.....	28
Key Words:.....	28
Método.....	32
Estructura de la comunidad de macroinvertebrados .....	32
Fase de campo .....	32
Fase de laboratorio.....	34
Fase de análisis.....	34
Fase de trabajo con comunidad.....	36
RESULTADOS.....	36
Estructura cuantitativa.....	40
Variación espacio - temporal.....	43
Microhábitats.....	48
CONCLUSIONES .....	57



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
Anexos .....	61
C.CAPÍTULO 3. Artículo 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA A TRAVÉS DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS CON ÉNFASIS EN TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA Y DIPTERA EN TURMEQUÉ – BOYACÁ.....	65
RESUMEN.....	65
Key Words:.....	66
INTRODUCCIÓN.....	67
Método.....	70
Fase de campo.....	70
Fase de laboratorio.....	71
Fase de análisis.....	71
Fase de trabajo con comunidad.....	72
RESULTADOS.....	73
DISCUSIÓN.....	82
CONCLUSIONES .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
a. Conclusiones Generales.....	92
b. Anexos.....	94



## Índice de Figuras

### Capítulo 2.

	pág.
Figura 1. Mapa de Turmequé, en cual se observa la microcuenca del río Muincha, nacimiento y estaciones de muestreo.....	31
Figura 2. Cuantitativo Total.....	31
Figura 3. Índice de Simpson.....	45
Figura 4. Índice de Margalef .....	45
Figura 5. Diagrama tallos y hojas.....	46
Figura 6. Riqueza versus Número de especies vegetales (árboles).....	47
Figura 7. Índice de Kothé.....	48
Figura 8. Abundancia de individuos - Microhábitats.....	49
Figura 9. Índice de Margalef - Microhábitats. ....	49
Figura 10. Índice de Simpson – Microhábitats.....	50
Figura 11. Metanálisis – Regresión-Boxplot para datos fisicoquímicos e índice de Margalef.....	52

### Capítulo 3.

Figura 1. Mapa de Turmequé, en cual se observa la microcuenca del río Muincha, nacimiento y estaciones de muestreo.....	68
Figura 2. Abundancia de individuos según Roles tróficos.....	74
Figura 3. Abundancia por órdenes Órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera.....	74
Figura 4. Numero de generos para Órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera.....	74
Figura 5. Índice BMWP.....	74
Figura 6. Puntaje EPT.....	75
Figura 7. Puntaje INSF por estaciones.....	76
Figura 8. Margalef – BMWP.....	76
Figura 9. Margalef – ETP.....	80
Figura 10. Margalef – INSF.....	80
Figura 11. Margalef –% de O <sub>2</sub> .....	81
Figura 12. Modelo de uso intensivo del suelo.....	86
Figura 13. Modelo de Manejo Ecológico Sostenible Fuerte.....	86
Figura 14. Modelo de usos del suelo.....	87

## Índice de Tablas

Página



## Capítulo 1

Tabla 1. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col .....	23
Tabla 2. Clases de calidad de agua, Valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.....	25
Tabla 3. Índice ETP.....	26
Tabla 4. Índice NFS.....	27

## Capítulo 2

Tabla 1. Valores Totales Mensuales de Precipitación (mms) durante los años 2004 y 2015.....	32
Tabla 2. Índices de biodiversidad.....	35
Tabla 3. Índices de Calidad de agua.....	35
Tabla 4. Estructura cualitativa de la comunidad de macroinvertebrados.....	37
Tabla 5. Estructura cualitativa - Órdenes.....	43
Tabla 6. Estructura cualitativa - Familias.....	43
Tabla 7. Estructura cualitativa – Géneros.....	44
Tabla 8. Usos del suelo.....	46
Tabla 9. Índice de Disimilaridad según Bray y Curtis para Estaciones con número de individuos.....	48

## Capítulo 3

Tabla 1. Valores Totales Mensuales de Precipitación (mms) durante los años 2004 y 2015.....	69
Tabla 2. Índices de Calidad de agua.....	72
Tabla 3. Órdenes y grupos tróficos funcionales.....	73
Tabla 4. Puntaje INSF por Estaciones.....	77
Tabla 5. Puntaje INSF por Épocas.....	77
Tabla 6. Comparación de los valores medios Índices BMWP/Col, EPT e INSF....	79
Tabla 7. Ventajas y desventajas de aplicación de los índices BMWP/Col, EPT, INSF.....	79

## Lista de anexos

- Anexo 1. Especies más abundantes y más constantes
- Anexo 2. Cultivos entre estaciones III y IV
- Anexo 3. Datos fisicoquímicos



Anexo 4. INSF  
Anexo 5. Trabajo con comunidad

## **A. CAPITULO 1. GENERALIDADES**

### **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad ecológica del río Muincha a través de la presencia de los macroinvertebrados y analizar la respuesta de los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Díptera a las condiciones del medio. Las perturbaciones provocadas por la acción antrópica dependiendo de la severidad, pueden llevar a la pérdida de especies, la afectación de la oferta de servicios ambientales, y por ende a poner en riesgo la supervivencia humana. Por esta razón se propone un modelo de manejo ecológico sostenible fuerte.

“Cabe destacar que no solamente la contaminación antrópica influye en la distribución y crecimiento de las especies, por lo que se debe considerar factores



climáticos, geográficos y simbióticos que alteran una comunidad” (Giacometti y Bersosa, 2006).

## **1. Objetivos**

### **1.1. GENERAL**

Evaluar la calidad ecológica del río Muincha a través de la presencia de los macroinvertebrados y analizar la respuesta de los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Díptera a las condiciones del medio.

### **1.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar taxonómicamente macroinvertebrados presentes en el río Muincha.
- Describir la diversidad (dominancia y riqueza) de la comunidad de macroinvertebrados.
- Determinar la distribución espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados y su relación con los usos del suelo.
- Establecer la relación entre el papel trófico y la carga de materia orgánica en el sistema.
- Establecer la calidad del agua mediante el uso de los índices, BMWP, EPT e INSF y con cuál de estos índices obtenemos un resultado con mayor veracidad.
- Determinar la relación BMWP, EPT, INSF con la riqueza.

## **2. Estado Del Arte**

### **2.1 ANTECEDENTES**



***Algunos estudios realizados antes de 2004. En América del sur: Cressa en 1994 adelantaron un estudio acerca de los cambios estructurales de la comunidad de macroinvertebrados en el río Orituco en Venezuela.***

Figuroa *et al* (2003) estudiaron los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca hidrográfica del río Damas en Chile.

En Colombia:

En la Universidad de Antioquia, entre los años 1980 y 1989, realizaron una serie de estudios tendientes a profundizar en la distribución altitudinal de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Hemiptera, Odonata y Díptera Roldán (1980), (Correa *et al.*, 1981), Álvarez y Roldán (1983), Arango y Roldán (1983), y Bedoya y Roldán (1984).

Los macro-invertebrados mejor conocidos son los insectos y algo de anélidos y moluscos Roldán (1988), (1992). Aunque ya se tienen algunas experiencias en el trópico latinoamericano Pérez y Roldán (1978); Roldán (1980); Machado y Roldán (1981); Roldán (1985); Zúñiga de Cardozo (1985); Ramírez y Roldán (1989); (Zúñiga de Cardozo, *et al.* 1995); Kanlman (1979); Monroy (1997); Viña y Ramírez (1997); Roldán (1997); Pinilla (1998); Ospina (1998); Caicedo y Palacio (1998); Jacobson (1998), Citados por Roldán (1999). La mayoría se han basado en métodos europeos y norteamericanos; sin que aún exista una propuesta con base en las condiciones de nuestros ecosistemas tropicales. Roldán (1999).

Quintero y Rojas en 1987 realizaron un estudio en el área de Farallones de Cali sobre el orden Trichoptera y su relación con la calidad del agua.

Escobar en 1989 estudió las comunidades macro-invertebrados en el Río Manzanares y sus principales afluentes (Magdalena) y su relación con la calidad del agua.



Galeano en 1992 adelantó un estudio sobre los macro-invertebrados bénticos como indicador de la calidad del agua en los ríos Tunjuelito, Fucha y Teusaca. Bohórquez *et al* (1992) adelantan un trabajo sobre bioindicación con macro-invertebrados bénticos, en la zona media del Río Bogotá.

Rincón entre 1992 y 1997 hizo un estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los Tricópteros en la cordillera oriental (Colombia). Los resultados de este estudio son publicados en 1999.

Delgado y Quiceno en 1994 adelantaron un estudio sobre macro-invertebrados Bentónicos en la Planta Zipa II (CAR) y su relación con el agua tratada.

Posada *et al.* (2000) hicieron una caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas en Antioquia. Roldán *et al.* (2001) hacen un estudio de macroinvertebrados en el parque Piedras Blancas (Antioquia). Riss *et al.* (2002), hacen un estudio para el establecimiento de valores de bioindicación para macro-invertebrados acuáticos de la sabana de Bogotá.

Domínguez *et al.* (2002) adelantaron un estudio del orden Ephemeroptera en la región amazónica. Laython en el 2003 realiza un estudio de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Arzobispo y San Cristóbal en los cerros orientales de Bogotá.

En Boyacá:

Rincón en 1995 estudió la comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos y publica los resultados de este estudio en el 2002. En 1996 publica un estudio sobre aspectos bioecológicos de los Tricópteros de la quebrada Carrizal en Boyacá. Posteriormente Rincón y Ladino en 1997 realizan un estudio de la calidad del agua en las quebradas Carrizal y Mamarramos en el Santuario de flora y fauna de Iguaque.



**2.1.1 Otros estudios.** *En América: Oller y Goitia en el 2005 realizaron un estudio de macroinvertebrados bentónicos metales en el río Pilcomayo (Tarija, Bolobia).*

Zelada en el 2011 realizó un análisis de la riqueza, composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en los ríos Pumpay y Pansalic- Panchiguajá en Guatemala.

Carvacho en el 2012 estudió las comunidades de macroinvertebrados y desarrolló un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile.

En Colombia:

Contreras *et al.* (2008) realizaron una evaluación del agua de las microcuencas La Laucha, La lejía y La rastrojera utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores en el municipio de Durania, departamento Norte de Santander.

Eyes, *et al.* (2011) hicieron un estudio de la descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira en Santa Marta.

En Boyacá:

Luna en el 2009 adelantó un estudio preliminar acerca de los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada Mamarramos y en un sector del río Cane en el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque.



Gil en el 2010 realizó una investigación piloto de calidad del agua, usando macroinvertebrados como indicadores, en 12 estaciones de monitoreo de la microcuenca del río Garagoa en Boyacá para CORPOCHIVOR.

**2.1.2 Estudios de bioindicación.** *Con base en los estudios realizados para Antioquia a partir de la década de los 80, Roldán en 1988 propone un índice BMWP (para Antioquia) basados con la calificación de las familias aquí encontradas. BMWP (Biological Monitoring Working Party), se estableció en Inglaterra para todos los grupos de Macro-invertebrados hasta nivel de familia y requiere solo datos cualitativos (presencia / ausencia). Roldán (2003) establece BMWP para Colombia y actualmente se está utilizando el BMWP (Para Antioquia) y Roldan (2012) publicó el libro “Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua”, en el cual hace ajustes al BMWP anteriormente mencionado.*

Zúñiga de Cardozo en 1997 realizó un estudio sobre bioindicadores sobre calidad del agua en la cuenca del río Cauca – Valle, Colombia. En este estudio se propone una puntuación para las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP modificado y adaptado para la fauna local. La puntuación asignada a cada familia se basa en estudios realizados por (Armitage *et al.*, 1983), Alba – Tercedor (1996) y (Zamora – Muñoz y Alba – Tercedor 1996), según Roldán (1999).

González *et al* (2013) utilizaron los índices de calidad del agua INSF, DINIUS y BMWP para establecer la calidad del de la quebrada La Ayurá (Envigado-Antioquia, Colombia).

## 2.2 RIOS

Los ríos son ecosistemas acuáticos muy importantes porque hacen parte del ciclo hidrológico y reflejan la geoquímica y geomorfología de la base del drenaje. Los



ríos como ecosistemas incluyen interacciones dinámicas con el canal y entre canal y su alrededor (Ward, 1992).

La mayor parte de los ríos tiene su origen en lagos de alta montaña, en los páramos y en las aguas subterráneas, (Roldán, 1996<sup>a</sup>).

Las fluctuaciones del caudal de los ríos dependen de muchos factores, como la extensión de la superficie que drenan, la intensidad y cantidad de las precipitaciones, las pérdidas por evaporación y filtraciones y la variación de las fuentes de alimentación subterráneas. Un río es un claro ejemplo de autoorganización (Margalef, 1983).

Una red fluvial típica consiste en afluentes que se unen progresivamente de manera que el número de tramos equivalentes es mayor cuando más arriba nos ubicamos. Normalmente se tiene un sistema de segmentos designados por su orden creciente, que constituyen progresivamente el río hasta dar cauces principales, pero con menor pendiente, menor energía. El río principal desarrolla meandros y tiene menos afluentes, lo cual es otra forma de cubrir el espacio que adopta el sistema fluvial. La forma y disposición del cauce deben interpretarse en relación con su función de evacuar el agua (Margalef, 1983).

Un río se caracteriza por la frecuente alteración de rápidos y remansos desde las cabeceras hasta la desembocadura (Vannote *et al.*, 1980). El flujo de agua es responsable de la estructura del río y la colonización por organismos (Lampert y Sommer, 1997).

Los arroyos, quebradas y ríos constituyen un tipo principal de ecosistemas acuáticos que se diferencia por el continuo y rápido flujo de sus aguas. Esto crea condiciones especiales para la vida y para la organización de las estructuras y procesos ecológicos básicos: flujos de energía, materia, información, mantenimiento de los equilibrios ecológicos, generación de biodiversidad y sucesión. Los ríos debido a las características anteriormente mencionadas



presentan capacidad de autodepuración (UNAL, 2009), es decir recuperación o resiliencia sí han sufrido alguna perturbación.

Existe determinada probabilidad de arrastre de los individuos aguas abajo, donde la competencia entre una y otras especies se establece dentro de un número menor de ecosistemas (Margalef, 1983).

El régimen hidrológico de muchos ríos controla la calidad y la abundancia del alimento (Payne, 1986), al igual que los aportes aloctonos. Además, la amplitud y frecuencia de variación de los recursos alimenticios y las características del ciclo de vida de los organismos determinan en parte la respuesta demográfica de las especies. Las interacciones de estas variables hacen difícil predecir las salidas en términos de densidad de las poblaciones y composición de la comunidad, (Vannote et al., 1980), (Ward y Stabdford, 1983), (Shaeffer, 1986), (Ricardson, 1991), (Ward, 1992), (Reice y Wohelenberg, 1993) Citados por (Medina, 1996).

Las principales comunidades son: biofilm, plantas enraizadas y benthos. El biofilm incluye organismos sésiles adheridos a superficies sólidas como rocas (epilithon), sumergidos en madera (epixylon) u hojas de plantas acuáticas (epiphyton). La Comunidad de plantas acuáticas enraizadas consta de angiospermas que mantienen posición de anclaje en los sedimentos del fondo. El termino benthos hace referencia a los macroinvertebrados que excavan sedimentos del fondo o mueven los substratos (Ward, 1992).

**2.2.1 Macroinvertebrados bénticos.** *Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos animales que, por su tamaño relativamente grande, son retenidos por redes de malla de entre 250-300  $\mu\text{m}$  (UNAL, 2009). Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Resh, 2008) Citado por (Prat et al., 2009) entre las que según Bonada et al. (2006) se*



*destacan:*

- 1- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- 2- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- 3- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- 4- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- 5- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- 6- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
- 7- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- 8- La sensibilidad o tolerancia bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- 9- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

En cuanto los hábitats: Roca, plantas, hojas, madera, arena o lodo, grava, residuos orgánicos y otros espacios en todo el río, proveen de hábitats especiales a diferentes organismos (Wetzel y Likens, 1990). Además del hábitat, el sustrato provee de alimento, áreas de desove y protección contra depredadores y corriente del agua (Ward, 1992). Algunos organismos habitan adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación; otros viven en las orillas, adheridos a la vegetación emergente o sumergida. Unos viven sobre la superficie del agua, mientras que otros nadan en ella. Otros se entierran en sustratos arenosos, fangosos o pedregosos. Algunos prefieren corrientes rápidas, otras aguas quietas o en remansos. La fauna acuática que se encuentra en remansos es, por lo tanto, muy diferente a la de corrientes, así como la de fondos lodosos, pedregosos o en zonas ribereñas (Roldán, 2012).



La materia orgánica acumulada en el fondo del río o suspendida es fuente de alimento para macroinvertebrados (Payne, 1986). La disponibilidad de alimento también puede controlar la constancia y abundancia de especies, así que son observadas solamente cuando el alimento se encuentra disponible (Hynes, 1970 citado por Kikuchi y Uieda, 1998).

Las adaptaciones morfológicas y comportamentales de los organismos reflejan la relación con la forma de alimentación. Los invertebrados se pueden clasificar de acuerdo a la forma de alimentación en: trituradores, colectores, raspadores y depredadores (Vannote *et al.*, 1980).

Los trituradores utilizan materia orgánica particulada gruesa (CPOM > 1 mm) como humus, hojas en descomposición con una gran dependencia de la biomasa microbiana asociada. Los colectores filtran materia particulada fina y ultrafina (FPOM, 50  $\mu\text{m}$  – 1 mm; UPOM 0,5 – 50  $\mu\text{m}$ ) y dependen también de la biomasa microbiana asociada con las partículas y productos del metabolismo microbiano para su nutrición. Los raspadores están adaptados especialmente para cortar algas fijas a superficies. Los trituradores son considerados como codominantes con los colectores en las cabeceras de los ríos, (Vannote *et al.*, 1980), (Ward, 1992). Los depredadores incluyen numerosas larvas de insectos como Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera y Odonata (Lampert y Sommer, 1997). Larvas de Ephemeroptera son detritívoras y herbívoras, se alimentan de algas microscópicas y pequeñas partículas de materia orgánica (Mc Cafferty y Provonsha, 1981).

Se ha observado que algunos organismos que viven en aguas con déficit de oxígeno, como es el caso de las ninfas de *Euthyplocia* y *Campylocia*, poseen agallas enormemente desarrolladas, como una compensación para una mayor área de exposición y captación del poco oxígeno disponible. Las pupas de *Simulium* poseen espiráculos funcionales con prolongaciones torácicas ramificadas llamadas agallas espiraculares que les sirve para



realizar respiración aeropnéustica en caso de que el medio comience a secarse (Roldán, 2012).

Los taxa dominantes en la cabecera de los ríos incluye los estados inmaduros de insectos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Coleoptera y ciertos Díptera (Wetzel y Likens, 1990). Frecuentemente los invertebrados bénticos poseen una densidad más elevada en la zona rabiones. Esta zona se caracteriza por ser agua somera en donde la velocidad de la corriente es lo bastante grande para mantener el fondo limpio de cieno y materiales sueltos proporcionando así un sustrato firme (Odum, 1971).

**2.2.1.1 Orden Ephemeroptera.** Conocidos como “moscas de mayo” o mayflies (Triplehorn y Johnson, 2005) citado por (UNAL, 2009). Los Ephemeroptera, como consumidores primarios, son un componente importante de la fauna bentónica en abundancia, diversidad y en biomasa. Procesan una cantidad considerable de materia orgánica. (Domínguez et al., 2006). Debido a su abundancia y ubicuidad, así como a la diferencia en la tolerancia de las diferentes especies a distintos grados de impacto ambiental, han sido utilizados como indicadores biológicos de calidad de aguas (Domínguez et al., 2001).

Los ciclos biológicos varían según los diferentes grupos y regiones en las que viven, pudiendo tener una o más generaciones por año, con alternancia de generaciones cortas de verano y largas de invierno, hasta generaciones no estacionales en los trópicos, con la presencia de adultos volando durante todo el año. Los efemerópteros reciben este nombre debido a que muchos poseen una vida corta o “efímera”, ya que mientras su estado larvario puede durar varios meses en el agua, su estado adulto dura sólo unas



pocas horas, pero suficiente para encontrar una hembra y fecundarla (Domínguez *et al.*, 2001).

**2.2.1.2 Orden Trichoptera.** La importancia de este grupo radica en el hecho de que las larvas son una parte considerable del alimento de muchos peces y de otros animales acuáticos (Triplehorn y Johnson, 2005) citado por (UNAL, 2009). Sus poblaciones se utilizan para medir el incremento de niveles de contaminación de corrientes de agua (UNAL, 2009).

Las larvas son vegetarianas, micrófagas o carnívoras. Hacen parte importante de la fauna de agua dulce y especialmente de los ríos (Margaleff, 1983).

Los tricópteros son insectos holometábolos, que viven en todo tipo de hábitat lóticos y lénticos, pero alcanzan la mayor diversidad en los sistemas lóticos fríos. Una de las características más llamativas de los tricópteros es la capacidad para construir "casas" o "refugios" de formas diversas, a partir de residuos vegetales y gránulos de arena o pequeñas piedrecillas. Estos refugios pueden ser fijos o portátiles y en ambos casos les sirven de protección y para la búsqueda de alimento. La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal acumulado. Algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas (Domínguez *et al.*, 2001). Es uno de los órdenes de mayor importancia en las cadenas alimentarias de arroyos; desoves, larvas y adultos son parte de la dieta alimenticia de peces de agua dulce (Angrisano y Korob, 2001 citado por UNAL, 2009).

“Los adultos se encuentran en los alrededores de los cuerpos de agua donde viven las larvas. La mayoría son crepusculares, de escasa actividad, limitándose a la búsqueda de lugares para desovar o de ejemplares del sexo opuesto. De día permanecen posadas sobre plantas o piedras, confundiéndose con el medio, ya que quedan quietos y disimulados sobre el



sustrato debido a su coloración poco llamativa. Los huevos son puestos en masas o cementados debajo del agua o por arriba, sobre las hojas, piedras, etc". (Domínguez *et al.*, 2001).

**2.2.1.3 Orden Díptera.** Los dípteros constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en el mundo. Los dípteros son insectos holometábolos y su ciclo de vida es muy variable, dependiendo de las especies; puede ser de semanas en unos y hasta de cerca de un año en otros.

Las hembras ovipositan bajo la superficie del agua, adheridas a rocas o vegetación flotante. La mayor parte de las especies tienen de tres a cuatro instares larvales. Se sabe que en Simuliidae, duran en este estado ocho días y en la Tipulidae, hasta un año. Las larvas no poseen patas torácicas. El tejido epitelial es blando, formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales. Están cubiertos de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato. La coloración es amarillenta, blanca o negra. Se les encuentra en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas (Roldan, 1996).

## 2.3 ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

**2.3.1 Índice de Simpson.** Índice para establecer dominancia de especies.

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.

$ni$  = número de individuos de una muestra

Yamile A. Ramos R

$N$  = número total de individuos



**2.3.2 Índice de Margalef.** Índice de riqueza para establecer la relación lineal entre el número de especies y el número de individuos.

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

S = número de especies

N = número de individuos

logn = logaritmo natural

**2.3.3 Índice para determinar pérdida especies o déficit de especies.** Kothé (1962), índice basado en el número de especies aguas arriba y aguas abajo después de la descarga (Roldán, 2012).

$$I = \frac{Su - Sd}{Su} \times 100$$

Su = número de especies aguas arriba

Sd = número de especies después de la descarga

## 2.4 ÍNDICES DE SIMILARIDAD

**2.4.1 Índice de Bray y Curtis,** para comparar estaciones y épocas de muestreo

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{|x_{it} - x_{jt}|}{(x_{it} + x_{jt})}$$



**2.4.2 Índice de Disimilaridad = 1- Índice de Bray y Curtis.** La aplicación de estos índices de diversidad y de similaridad es sugerida por (Krebs, 1989)

## 2.5 ALGUNOS ÍNDICES PARA ESTABLECER CALIDAD DEL AGUA:

**2.5.1 Índice BMWP/Col.** Basados en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP/Col como una aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña, pues en esta región es donde se ha trabajado más intensamente (Roldán, 1988, 1992, 1997, 1999, 2001) Citados por (Roldán, 2012).

Tabla 1. *Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP/Col.*

FAMILIAS	PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polithoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9



Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyallidae, Hydroptilidae, Hydropsichidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagriconidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Crysolmelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaedidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdelidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae	1

(Fuente: Roldan, 2003 y Roldán, 2012)



Tabla 2. Clases de calidad de agua, Valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

(Fuente: Roldan, 2003 y Roldan, 2013)

**2.5.2 Análisis ETP (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).** Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. (Carrera y Fierro, 2001).

$EPT\ TOTAL \div ABUNDANCIA\ TOTAL$

$EPT\ TOTAL =$  Total de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera

**ABUNDANCIA TOTAL:** total de individuos de todos los órdenes.



Tabla 3. *Índice ETP*

PORCENTAJE O PUNTAJE	CALIDAD DE AGUA
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

*Fuente:* (Carrera y Fierro, 2001)

Para análisis de calidad de agua para consumo humano la secretaría de educación de Boyacá se basa en La Resolución Número 2115 (22 Jun 2007) Ministerio De La Protección Social Y Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.

**2.5.3 Índice NSF** (Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento, 1978) para establecer la calidad del agua utilizando datos de análisis fisicoquímicos sugerido por (González *et al.*, 2013)

$$INSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi$$

SI = subíndice de la variable i

Wi = factor de ponderación para el subíndice i

Tabla 4. *Índice NSF*

CALIDAD	RANGO
Excelente	91-100
Buena	71-90



<b>Regular</b>	51-70
<b>Mala</b>	26-50
<b>Muy mala</b>	0-25

(Fuente: González *et al.*, 2013)

**2.6 Desarrollo Sostenible y Calidad Ecológica.** El desarrollo sostenible es el "El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades" (ONU, 1987) citado por (ONU, 2014). El agua está en el centro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socio-económico, ecosistemas saludables y la supervivencia humana. ONU-Agua ha propuesto un objetivo global "Asegurar agua para todos de forma sostenible" (ONU, 2014).

"Los servicios de los ecosistemas contribuyen al bienestar humano y a la calidad de vida de innumerables maneras, directa e indirectamente" (UNESCO Etxea, 2010). Por otro lado, la población es una importante fuerza motriz que subyace al cambio climático y que lleva al aumento de la demanda de alimentos, agua y energía, lo que ejerce presión sobre los recursos naturales (PNUMA, 2007) y al deterioro de la calidad del agua. El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en un motivo de preocupación a nivel mundial, debido al crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola, y la amenaza del cambio climático como causa de alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU, 2014).

La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas y, como se señala en el documento (FAO, 1990a). "... deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del agua e impidan posteriores usos de ésta para otros fines" (FAO, 1997).

## **B. CAPITULO 2. Artículo 1. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS Y SU RELACIÓN CON LOS**



## USOS DEL SUELO.

DISTRIBUTION TIME SPACE OF THE COMMUNITY OF  
MACROINVERTEBRATES AND IT'S RELATION WITH THE USES OF SOIL.

### RESUMEN

En el año 2015 se realizaron 5 muestreos durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre en 4 estaciones en un tramo entre 2431 y 2820 msnm del Río Muincha en Turmequé-Boyacá. Se colectaron muestras de macroinvertebrados en coriotopos o microhábitats como Hojarasca (H), Piedra Corriente Rápida (P. C. R) y Lenta (P. C. L), Musgo Corriente Rápida (M. C. R) y Lenta (M. C. L) en dos puntos en cuatro estaciones. En el método cuantitativo se utilizó la red de surber para un área de 0.25 m<sup>2</sup>.

La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros comparada con la estructura de la comunidad establecida en el Ramos (2004) 10 Órdenes, 29 Familias, 5 Subfamilias y 40 Géneros. *Baetodes* y *Simulium* presentaron la mayor abundancia en el Cuantitativo Total, Ramos (2004) también reporta para el río Muincha al género *Baetodes* como el género más abundante en el Cuantitativo Total (red de surber).

El orden Diptera presentó mayor número de géneros. La dominancia y la riqueza son influenciadas fuertemente por la altitud, la época de muestreo y el uso del suelo.

*Stenelmis*, *Ochrotrichia*, *Atanatolica*, *Pentaneura* y *Lopescladius* fueron constantes en Estaciones, Épocas y Microhábitats. *Baetodes* fue constante en Estaciones y Épocas.

**Key Words:** community, macroinvertebrates, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, dominance, richness.



**Palabras Clave:** comunidad, macroinvertebrados, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, dominancia, riqueza.

### ABSTRACT

In 2015 five samplings were performed in the months of May, Jun, August, September and November in four stations in a section of the 2431 to 2820 slom, in the river Muincha (Turmequé- -Boyacá). The Macroinvertebrates Community samples were collected in following mirohabitats: Trash (T), (S.R.S), Fast Stream Rocks (S.R.R), and Low Stream Rocks (S.R.S), Fast Stream Moss (S.R.M) and Low Stream Moss in two points in four stations. Surber net was the quantitative method it's used the surber net (area 0.25 m<sup>2</sup>).

The Muincha river's Macroinvertebrates Community include 18 Orders, 43 Families and 75 Genus. *Baetodes* and *Simulium* showed the most abundance in the Total Quantitative and Ramos (2004) report to the Muincha River the genera *Baetodes* as the more abundant in the Total Quantitative surber's net.

The order Diptera had got higher number of individuals followed of the Orders Trichoptera, Ephemeroptera and Coleoptera. The Order Trichoptera gretest genera number. The dominance and richness are influenced strongly for the altitude, the epoch and the soil use.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es determinar la distribución espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados y su relación con los usos del suelo en el río Muincha en Turmequé Boyacá. El río Muincha ofrece servicios ambientales al municipio de Turmequé. Dada su importancia es necesario generar información para evaluar el estado ecológico del ecosistema.

Los macroinvertebrados de agua dulce cumplen funciones importantes en los procesos ecológicos (Hanson *et al.*, 2004). Transfieren energía en los sistemas acuáticos según sus roles tróficos.



## MATERIALES Y MÉTODOS

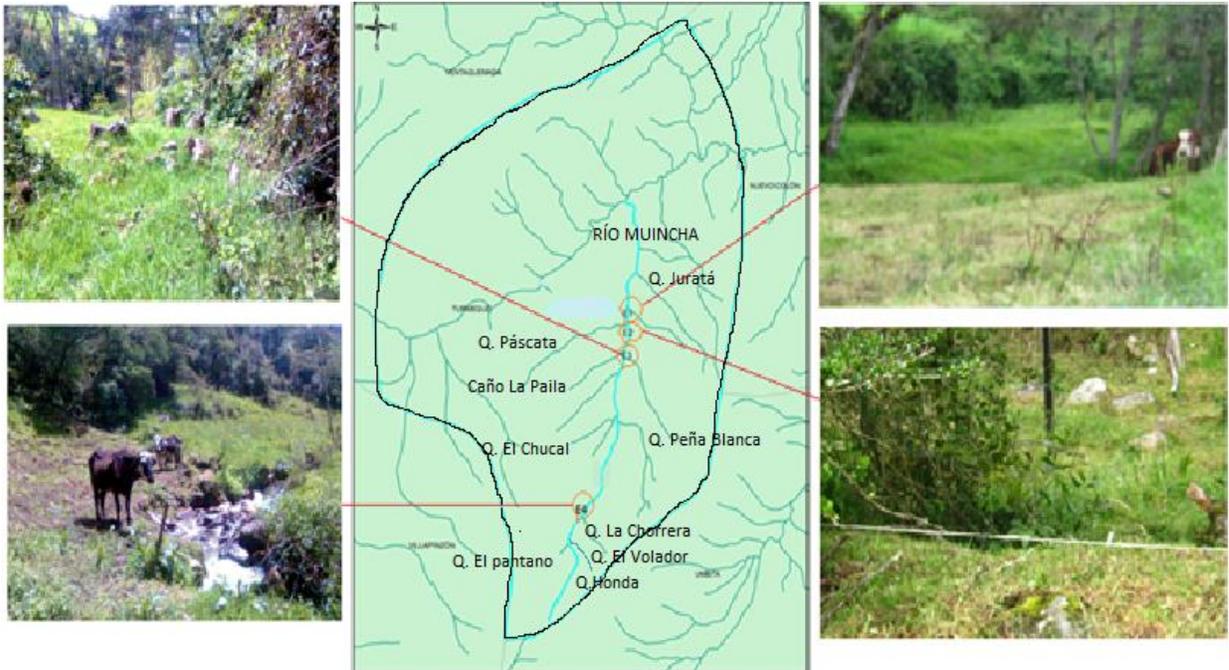
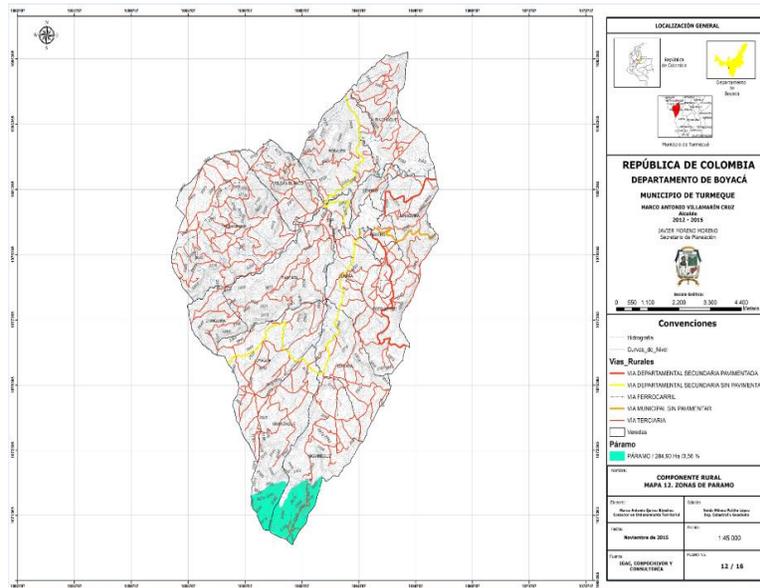
### Área de estudio

Turmequé se encuentra ubicado a 5° 20' de Latitud Norte y 73° 30' de Longitud al Este del Meridiano de Greenwich y a 0° 3' 00" del meridiano de Bogotá, en la cordillera oriental de los Andes a 2400 msnm. (EOT, 2015).

El municipio de Turmequé tiene una extensión de 79,69 kilómetros cuadrados (7.969 has). División Territorial: está conformado por 14 veredas: Jaraquira, Chiratá, Chinquira, Rinchoque, Rosales, Volcán Blanco, Teguanegue, Páscata, Joyagua, Guanzaque, Siguineque, Juratá, Centro y Pozo Negro (CORPOCHIVOR, 2010).

El río Muincha es una corriente de segundo orden en el territorio que nace en el municipio de Turmequé, en los límites con Villapinzón (Laguna del Valle, también llamada Laguna Colombia - Páramo de Guacheneque). Los principales afluentes son las quebradas Volador, Honda, Pantano, Peña Blanca, Páscata y Juratá. Recorre el municipio en 25 Km aproximadamente en sentido Sur – Norte, por la parte central y es de exclusividad local. (EOT, 2015).

Figura 1. *Mapa de Turmequé.*



Escalas 1:45000 y 1:100000

Mapa de Turmequé. En el cual se observa la microcuenca del río Muincha, estaciones de muestreo.



Tabla 1. *Valores Totales Mensuales de Precipitación (mms) durante los años 2004 y 2015*

Fuente: Adaptado para el municipio de Turmequé. CORPOCHIVOR 2013 citado por Quiroz Sánchez & Avendaño Reyes en EOT, 2015 y Programa ArcGIS).

AÑOS	ENER	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	8.0	76.0	13.0	97.0	233.0	96.3	91.0	75.6	59.2	56.1	17.8	13.0
2015	17.9	33.0	48.5	43.2	65.1	170.6	83.4	74.5	22.9	15.1	37.4	14.7

Fuente: Ideam, 2004; Ideam, 2015

### Método

#### *Estructura de la comunidad de macroinvertebrados*

La información de la estructura de la comunidad de Macroinvertebrados se

### Fase de campo

Se tomaron muestras de macroinvertebrados durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre

presenta en orden sistemático. La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros como lo muestra la tabla 4.

considerando periodos de lluvia y sequía, según información climática de la zona (Ramos, 2004).

Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo en un tramo de los 2431



a los 2820 msnm y dos puntos de muestreo en cada estación, siguiendo para su ubicación espacial el sistema de estaciones (Rincón, 2002) y (Rueda, 2002). Este sistema consiste en la selección de estaciones teniendo en cuenta parámetros como: altitud, pendiente, tipo de sustrato, usos del suelo y velocidad de la corriente. La estación I se encuentra ubicada a 2431 msnm N 05°18'12,7" W 073°30'26,1", la estación II a 2460 msnm N 05°17'57,7" W 073°30'58,1", la estación III a 2484 msnm N 05°17'46,9" W 073°30'31,8" y la estación IV a 2820 msnm N 05°15'999" W 073°30'589"; coordenadas tomadas con el GPS. Se realizará una descripción de usos del suelo en estas estaciones.

Se hizo análisis in situ de temperatura del agua, ancho, profundidad, velocidad de la corriente, caudal del río, conductividad, pH oxígeno disuelto, amonio, nitrato y fosfato utilizando equipos como termómetro, medidores de conductividad y pH y Kits de Merk del laboratorio de Ecología de la UPTC. La comunidad de macroinvertebrados fue muestreada en cada zona aguas

arriba y aguas abajo, es decir tomando tomando 2 puntos de muestreo en cada estación, bajo la concepción de coriotopos o microhábitats. Los coriotopos, se refieren a una parte del medio físico, con una posición geográfica pequeña y definida respecto al sector del río, que manifiesta una relativa homogeneidad y cada una de ellas funciona como una unidad estructural, la cual provee hábitat para muchas especies.

Muestras de macroinvertebrados se colectaron en coriotopos como: Hojarasca (H), Musgo Corriente Rápida (M. C. R) y Lenta (M. C. L), Piedra Corriente Rápida (P. C. R), y Lenta (P. C. L); La exploración en estos microhábitat es sugerida por (Rincón, 1999) y (Rincón, 2002). Para la toma de muestras de macroinvertebrados se utilizaron métodos tradicionales como colección directa y red de Surber sugeridas por (Rincón, 2002).

Las muestras biológicas fueron preservadas en alcohol al 70%, se



llevaron al laboratorio para posterior identificación (Wetzel y Likens, 1990).

Fase de laboratorio.

Para identificar macro-invertebrados hasta el mínimo nivel taxonómico posible se utilizaron las claves de Mc Cafferty y Provonsha (1981), Merrit y Cummins (1978), Domínguez et al. (2001), Angrisano y Korob (2001), Lopretto y Tell (1995), Angrisano y Trémouilles (1995), Paggi (2001), Coscaron (2001), Posada y Roldan (2003), Roldán (1996b), Roldan (2003), MINISTERIO DEL MEDIO

AMBIENTE, GOBIERNO DE ESPAÑA (2009).Roldan (2012), Céspedes *et al* (2014) y Humboldt (2015).

Fase de análisis.

Se determinó la estructura cualitativa y cuantitativa de la comunidad de macroinvertebrados mediante la aplicación de índices de diversidad y de similitud a nivel de género, los cuales se citan a continuación:

De la Tabla 2. *Índices de biodiversidad:*

Se analizó la abundancia y el número de especies para los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, y Diptera.

Se aplicó el índice BMWP/Col recomendado por (Roldan, 2003), (Roldán, 2012) y el índice EPT sugerido por (Carrera y Fierro, 2001).

Tabla 2. *Índices de biodiversidad*



INDICE	UTILIDAD
<b>Simpson:</b> $D = \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)}$	Determinar Dominancia
<b>Margalef:</b> $D = \frac{S-1}{\ln N}$	Determinar Riqueza
<b>Kothé:</b> $I = \frac{Su - Sd}{Su} \times 100$	Determinar pérdida de especies
<b>Disimilaridad de Bray y Curtis:</b> $D = \sum_{i=1}^s \frac{ x_{it} - x_{jt} }{(x_{it} + x_{jt})}$	Comparar estaciones de muestreo

Estos índices de Diversidad y de Similaridad son citados por (Krebs, 1989), (Roldán, 2012)

Se establecieron los roles tróficos a nivel de familia con base en revisión bibliográfica.

Tabla. 3. *Índices de Calidad de agua*

ÍNDICE BMWP/COL	ÍNDICE EPT	ÍNDICE NSF-
Ver tablas 1 y 2	Ver tabla 3	$INSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi$



Fuente:

El

autor.

Para el tratamiento de datos fisicoquímicos

- Varianza

$$S = \sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n}$$

- Coeficiente de variación

$$cv = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

Índice NSF (1978) para establecer la calidad del agua utilizando datos fisicoquímicos y microbiológicos sugerido por (González et al., 2013).

Para análisis de datos biológicos y fisicoquímicos se utilizó el software BioEstat 5.3.

### **Fase de trabajo con comunidad.**

Se realizó una campaña de concientización con la comunidad, especialmente con propietarios de fincas ubicadas en el área de estudio acerca de la importancia de cuidar los ecosistemas. Con la comunidad (diferentes gremios) y las autoridades municipales se organizaron mesas de trabajo para la elaboración del Plan de Desarrollo – Turmequé (2016- 2020) y se analizó la problemática ambiental del municipio, siendo un tema de gran importancia las fuentes hídricas. Se aplicó el modelo BIT – PASE, el cual se utiliza frecuentemente para diseñar planes de Desarrollo. El cual se basa en tensionantes (problemas) y liberadores (soluciones).

## **RESULTADOS**

Estructura cualitativa

Tabla 4. Estructura cualitativa de la comunidad de macroinvertebrados



PHYLUM	CLASE	ÓRDEN	FAMILIA	GÉNERO
<b>Celenterata</b>	Hydrozoa	Hydroida	Hydridae	<i>Hydra</i>
<b>Plathelminthes</b>	Turbellaria	Seriata	Dugesidae	<i>Dugesia</i>
<b>Anelida</b>	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	Tubificidae G1
<b>Anelida</b>	Hirudinea	Arthricobdellida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae G1
<b>Mollusca</b>	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Paracloeodes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Nanomis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Prebaetodes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	<i>Tricorythodes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	<i>Leptohiphes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Leptohiphidae	<i>Haplohiphes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>



<b>Arthropoda</b>	Insecta	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Neuroptera	Sialidae	<i>Sialis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Hemiptera	Hebridae	<i>Merragata</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Microcylloepus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Narpus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Phanocerus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Pseudodisersus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Haliplidae	<i>Peltodytes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Laccobius</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	<i>Scirtes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	<i>Elodes</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Coleoptera	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>



			e	
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Neotrichia</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Ochrotrichia</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	<i>Triplectides</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronid ae	<i>Xiphocentron</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Lepidoptera	Pyalidae	<i>Parargyractis</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Limonia</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Clognia</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Maruina</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Telmatoscopu</i> s
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Blepharocerida e	<i>Paltostoma</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Ceratopogonid ae	<i>Probezzia</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Coelotanypod</i> ini
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Pentaneura</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Lopescladius</i>



<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tabanidae	<i>Chrysops</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Tabanidae	<i>Tabanus</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Empididae	<i>Chelifera</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Dolichopodidae	<i>Rhaphium</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Limnophora</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Lispe</i>
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Diptera	Sciomyzidae	<i>Sepedon</i>
<b>Arthropoda</b>	Arachnoid ea	Acari	Lymnessiidae	<i>Lymnessia</i>
<b>Arthropoda</b>	Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyallega</i>
<b>Arthropoda</b>	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	
<b>Arthropoda</b>	Crustacea	Collembola		
<b>Arthropoda</b>	Crustacea	Isopoda		

Fuente: El autor.

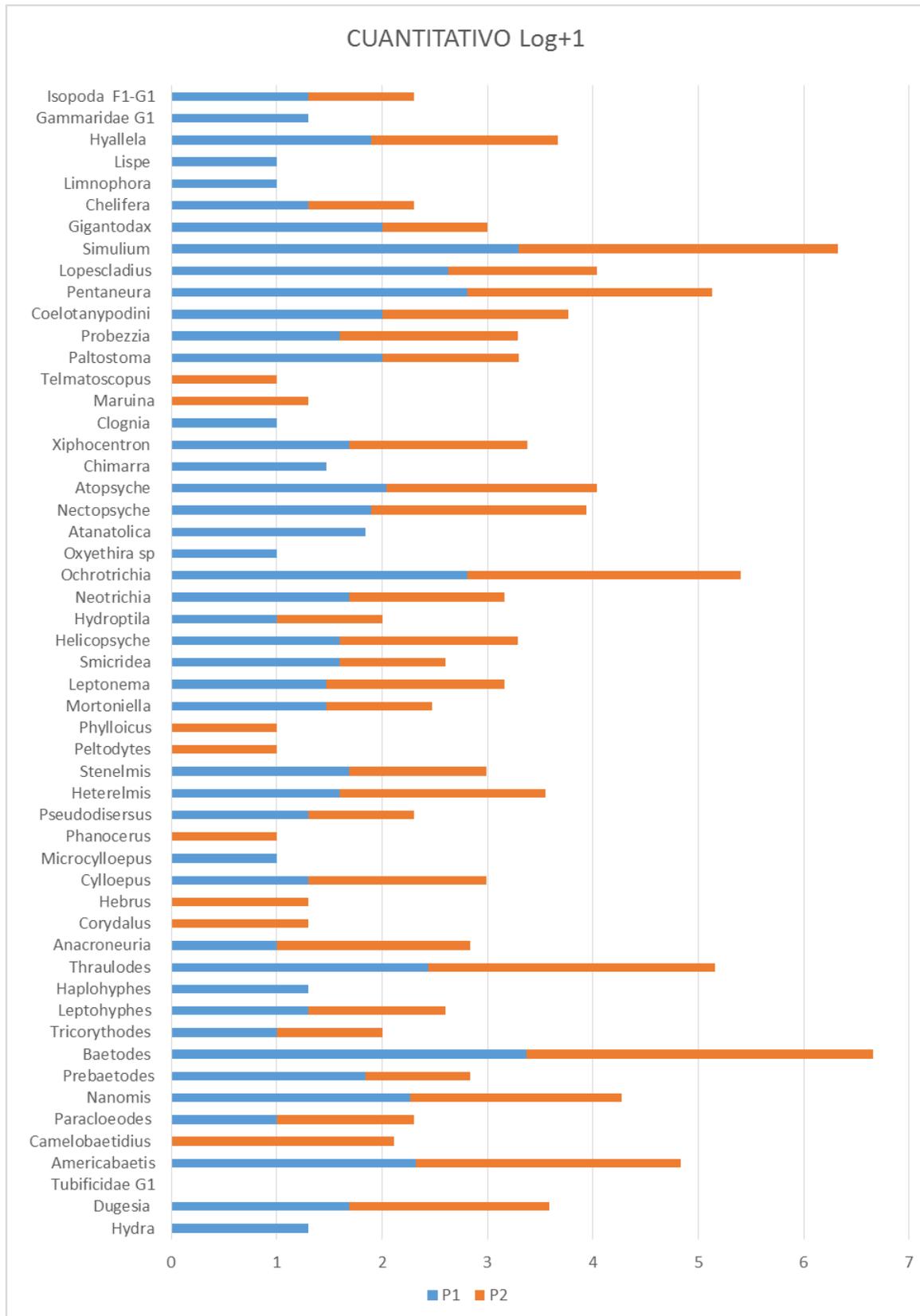
### *Estructura cuantitativa*

En el Cuantitativo – Abundancia total (área de 0.25m<sup>2</sup> por cada estación y cada muestreo) en cuatro estaciones durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre las familias que

presentaron mayor número de individuos fueron Baetidae con el género *Baetodes* y Simuliidae con el género *Simulium* en los puntos: P1 y P2 como se observa en la figura 2. Ver anexo 1.



Figura 2. *Cuantitativo Total (red de surber)*



**CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.**

**Yamile A. Ramos R**



*Variación espacio - temporal*

El número mayor de órdenes lo presenta el P2EI en Mayo con 10 y el número más bajo de órdenes lo

Estructura

Cualitativa

presenta el P1EIII en Septiembre con 3 como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5. Estructura cualitativa – Órdenes

	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
			O	E	E
<b>P1EI</b>	6	7	5	6	8
<b>P2EI</b>	8	10	7	6	6
<b>P1EII</b>	7	7	7	4	7
<b>P2EII</b>	8	8	6	8	9
<b>P1EIII</b>	6	6	4	3	5
<b>P2EIII</b>	5	6	4	5	8
<b>P1EIV</b>	5	7	6	5	4
<b>P2EIV</b>	7	8	6	6	8

Fuente: El autor.

El mayor número de órdenes lo presenta el P1EIV en Mayo con 16 y el número menor de órdenes lo presenta el P1EIII en Agosto y en Septiembre con 6 como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Estructura cualitativa – Familia

	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
			O	E	E
<b>P1EI</b>	14	14	10	10	8
<b>P2EI</b>	12	12	9	11	17
<b>P1EI</b> <b>I</b>	14	12	10	10	15
<b>P2EI</b> <b>I</b>	15	14	11	12	14



<b>P1EI</b>	14	10	6	6	10
<b>II</b>					
<b>P2EI</b>	12	10	7	11	14
<b>II</b>					
<b>P1EI</b>	16	13	17	12	13
<b>V</b>					
<b>P2EI</b>	15	12	10	12	8
<b>V</b>					

Fuente: El autor.

El mayor número de órdenes lo presenta el P1EIV en Agosto con 26 y el número menor de órdenes lo presenta el P1EIII en Agosto con 6 como se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7. Estructura cualitativa - Géneros

	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBR</b>	<b>NOVIEMBR</b>
			<b>O</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
<b>P1EI</b>	19	17	13	16	21
<b>P2EI</b>	21	16	10	16	23
<b>P1EII</b>	24	15	20	19	23
<b>P2EII</b>	23	17	15	21	16
<b>P1EIII</b>	19	17	6	9	15
<b>P2EIII</b>	22	14	8	15	18
<b>P1EIV</b>	25	15	26	18	18
<b>P2EIV</b>	23	14	13	20	22

Fuente: El autor.

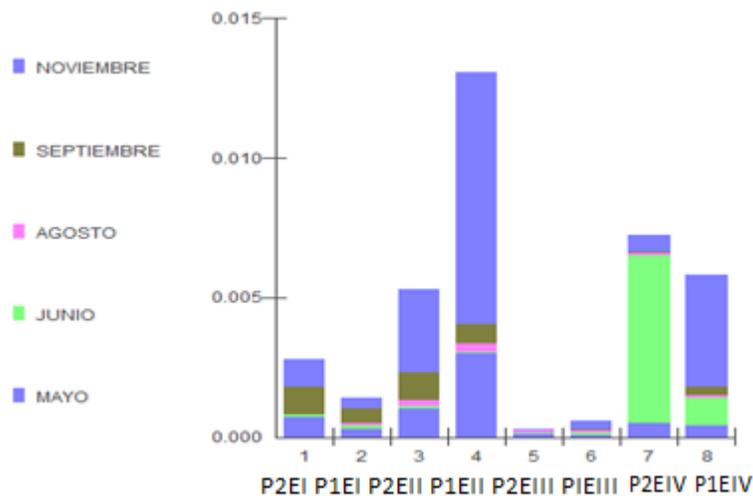
Estructura Cuantitativa

Dominancia



La P1EII presentó el valor más alto de dominancia de Simpson en noviembre con el 0,009, mientras que el valor más bajo lo presentó la P2EIII en Septiembre con el 0,00001 como lo muestra la figura 3.

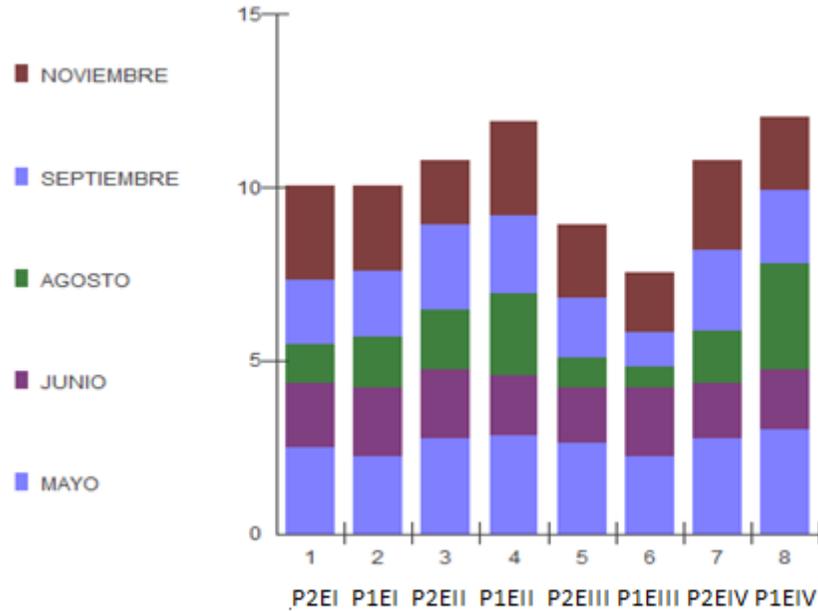
Figura 3. *Índice de Simpson.*



#### Riqueza versus Uso del Suelo

La P1EIV presentó el valor más alto de riqueza en Agosto con 3,1, mientras que el valor más bajo lo presentó la P1EIII en Agosto con 0,62 como lo muestra la figura 4.

Figura 4. *Índice de Margalef*



En el diagrama tallos y hojas de la figura 5 se observa el tallo que corresponde a los ocho puntos de muestreo siendo distribuidos en cuatro estaciones y las hojas que corresponden al resultado del índice de riqueza Margalef con valores entre 1-2.

Figura 5. Diagrama tallos y hojas para índice de Margalef según puntos de muestreo.

CAULE		FOLHA						
Scores = 8								
8	0	1	1	2	2	2	2	2

Tabla 8. Usos del suelo

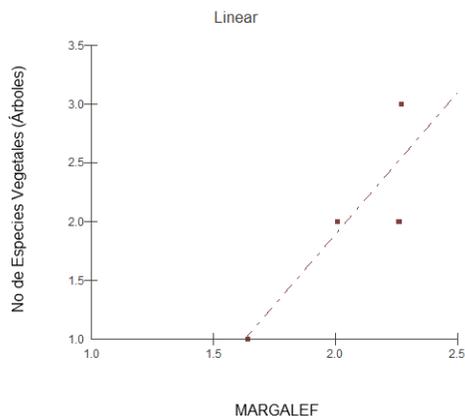


ESTACIONES		USOS DEL SUELO
<b>S</b>		
<b>EI</b>	Ganadería y solo dos plantas de <i>Alnus acuminata</i> (aliso) y dos plantas de <i>Brugmansia candida</i> (Borrachero) a la orilla del río	
<b>EII</b>	Ganadería y algunas plantas a la orilla del río como <i>Brugmansia candida</i> (Borrachero) y <i>Montanoa ovalifolia</i> (Árbol Loco)	
<b>EIII</b>	Ganadería y algunas plantas a la orilla del río predominando <i>Brugmansia candida</i> (Borrachero)	
<b>EIV</b>	Ganadería, acueducto y área de reserva, en la cual predominan <i>Brugmansia candida</i> (Borrachero), <i>Gunnera manicata</i> (Mazorca de agua), <i>Montanoa ovalifolia</i> (Árbol Loco) y <i>Fucsia boliviana</i> (Sarcillejo)	

Fuente: El autor.

La relación entre la riqueza de macroinvertebrados y el número de especies vegetales es directamente proporcional como se observa en la figura 6.

Figura 6. Riqueza versus Número de especies vegetales (árboles)

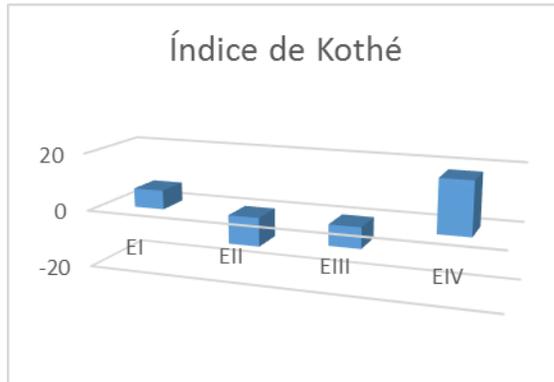


### 6.2.2.3. Pérdida de géneros

El valor de pérdida de especies más alto lo presento la Estación IV con 18,1 y el valor más bajo lo presentó la Estación III con -10 lo cual indica que en la Estación III hay ganancia de géneros como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Índice de Kothé - Estaciones



#### Similaridad

Según el índice se Disimilaridad de Bray y Curtis teniendo en cuenta el número de individuos las estaciones II y III presentaron mayor disimilaridad, mientras que las estaciones I y III presentaron el valor más bajo de disimilaridad como se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. Índice de Disimilaridad según Bray y Curtis para Estaciones con número de individuos.

	EI	EII	EIII	EIV
EI	0	0,37	0,2	0,24
EII	0,37	0	0,47	0,26
EIII	0,2	0,47	0	0,46

Fuente: El autor.

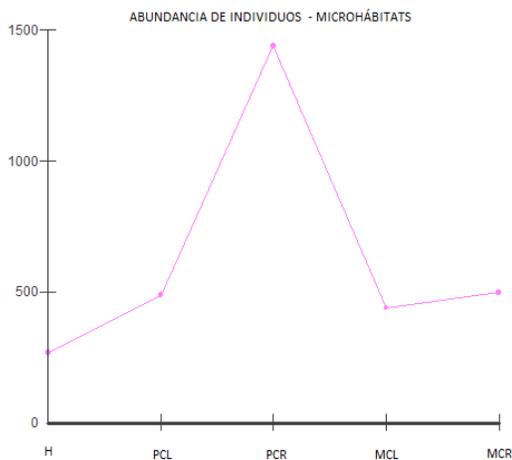
#### Microhábitats

#### Abundancia



El valor más alto de Abundancia lo presentó PCR (Piedra Corriente Rápida) con 1439 individuos, mientras que el valor más bajo lo presentó H (Hojarasca) con 438 como se puede observar en la figura 8.

Figura 8. *Abundancia de Individuos según Microhabitats*



### Dominancia

El valor más alto de Dominancia lo presentó PCR (Piedra Corriente Rápida) con 0,45, mientras que el valor más bajo lo presentó H (Hojarasca) con 0,08 como se puede observar en la ilustración 9.

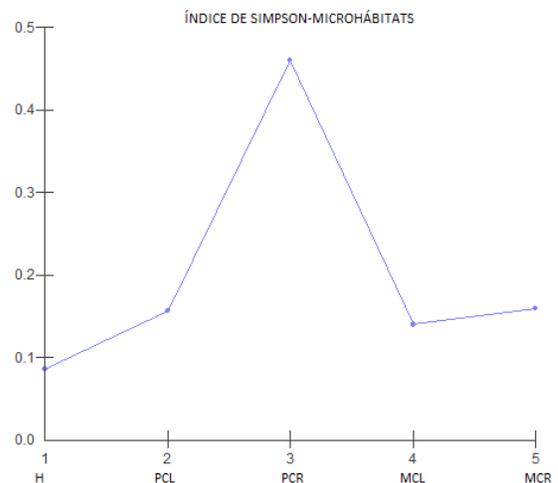


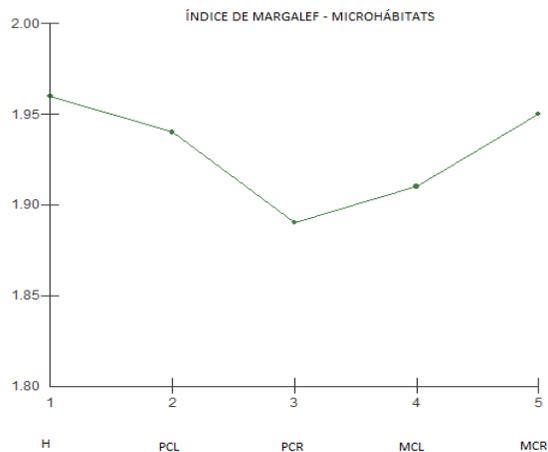
Figura 9. *Índice de Simpson - Microhábitats*

### Riqueza



El valor más alto de riqueza lo presentó H (Hojarasca) con 1,96, mientras que el valor más bajo lo presentó PCR (Piedra Corriente Rápida) con 1,89 como se observa en la figura 10.

Figura 10. *Índice de Margalef según Microhábitats*



### Caracterización Físicoquímica e Índice INSF

El valor más alto de velocidad media de la corriente lo presentó la Estación III en Junio con 1,44, por el contrario el valor más bajo lo presentaron la Estación I y la Estación III con 0,32. En cuanto al promedio por estaciones el valor más alto lo presentó la Estación III, por el contrario el valor más bajo lo presentó la Estación IV.

El caudal más alto lo presentó la Estación I con 0,99 m<sup>3</sup>/s en Junio,

mientras que el caudal más bajo lo presentó la Estación IV en Noviembre con 0,15 m<sup>3</sup>/s. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación III, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación IV

El coeficiente de variación del Caudal más alto lo presentó la Estación I, seguido de la Estación III, la Estación IV y la Estación II con el valor más bajo como se observa en la tabla 18.



La temperatura más alta la presentó la Estación I con 16 °C en Mayo, por el contrario la temperatura más baja la presentó la Estación IV en Nov con 11,5 °C. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación III, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación IV.

Según Ideam (2015) el valor más alto de precipitación lo presentó Junio con 170,6 mms, por el contrario más bajo lo de presentó Diciembre y de los meses de muestreo Septiembre con 22,9 mms como se puede observar en la figura 20.

El valor más alto de pH lo presentó la Estación I en Mayo y Noviembre y la Estación II en Mayo con 8,2 correspondiente a aguas levemente alcalinas, por el contrario más bajo lo presentó la Estación IV en Junio y en Agosto con 6,4 correspondiente a aguas levemente ácidas. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación II, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación IV como se puede observar en la figura 21.

Los valores más altos de O<sub>2</sub> Disuelto los presentaron las

Estaciones III y IV en Agosto, mientras que el valor más bajo lo presentó la Estación I en Mayo y en Noviembre. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación IV, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación I.

El porcentaje más alto de saturación de O<sub>2</sub> lo presentó la Estación IV en Agosto, mientras que el porcentaje más bajo lo presentó la Estación I en Junio con 78. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación IV, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación III.

El valor más alto de Conductividad lo presentó la Estación I en Mayo con 48 µs/cm, mientras que el valor más bajo lo presentó la estación IV en Junio con 19 µs/cm. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación II, por el contrario, el valor más bajo lo presentó la Estación IV.

El valor más alto de NH<sub>4</sub> lo presentó la Estación I en Mayo con 1 mg/l, por el contrario el valor más bajo lo presentaron las 4 Estaciones en Junio, Agosto y Noviembre con 0,2. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación I, por el



contrario el valor más bajo lo presentaron las Estaciones II y III como se observa en la figura 25. El valor más alto de  $\text{NO}_3$  lo presentaron las 4 Estaciones en Mayo con 25 mg/l, por el contrario el valor más bajo lo presentaron la Estación III y la Estación IV en Junio con 0,2 mg/l. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación II, por el contrario el valor más bajo lo presentó la Estación IV.

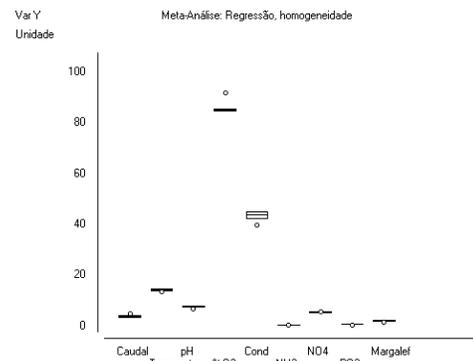
El valor más alto de  $\text{PO}_4$  lo presentó la Estación IV en Agosto con 1,5 mg/l, por el contrario el valor más bajo lo presentó la Estación IV en Junio con 0,1. En cuanto a la media el valor más alto lo presentó la Estación I, por el contrario el valor más bajo lo presentó la Estación III como se observa en la figura 27.

Metanálisis de Homogeneidad para Valores Medios de Datos Físicoquímicos e Índice de Margalef.

El valor más alto de homogeneidad lo presenta el amonio ( $\text{NH}_4$ ) como se observa en la figura 11, mientras que

el valor más bajo lo presenta el % de saturación de  $\text{O}_2$ . Ver anexo 2

Figura 11. *Metanálisis – Regresión-Boxplot para datos físicoquímicos e índice de Margalef.*



## DISCUSIÓN

La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros comparada con la estructura de la comunidad establecida en Ramos (2004) y Ramos (2017) 10 Órdenes, 29 Familias, 5 Subfamilias y 40 Géneros, la estructura posiblemente varió debido a que se tomó una estación más y se realizó doble muestreo en cada estación. En ésta estructura desapareció la familia Psephenidae, tal vez porque es muy exigente con las condiciones de



calidad del medio. Por otro lado en la familia Perlidae con el género *Anacroneuria* posiblemente ha estado ocurriendo un proceso de adaptación a cambios ambientales como el aumento de temperatura entre otros, pasando de una abundancia total de 1 individuo a 11 individuos, el cual se encontró en los microhábitats PCL (Piedra Corriente Lenta) y PCR (Piedra Corriente Rápida). En cuanto al aumento de temperatura fue de 0,5 °C, es decir el pico máximo en el 2004 fue de 15,5 °C (Ramos, 2004) y el pico máximo en el 2015 fue de 16 °C, el cual posiblemente provocó cambios en el comportamiento y en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados. Los insectos y otros macroinvertebrados tropicales son algunas veces afectadas por la temperatura, pero el régimen de la corriente y la estabilidad del hábitat tienen una influencia primaria sobre la historia de vida parámetros y dinámicas poblacionales (Jacobsen., *et al*, 2008).

*Baetodes* y *Simulium* presentaron la mayor abundancia en el Cuantitativo Total, Ramos (2004) también reporta

para el río Muincha al género *Baetodes* como el género más abundante en el Cuantitativo Total (red de surber). En abundancia total espaciotemporalmente hablando los géneros más abundantes son *Baetodes* y *Ochrotrichia*. Ver anexo 1. Posiblemente en este ecosistema se encuentran las especies *Baetodes (awa)*, *Simulium (trichogodagmia)* y *Ochrotrichia*. *Baetodes (awa)* fue reportado por (Céspedes *et al.*, 2014) en el río Alvarado – Tolima. Según Céspedes *et al* (2014) Baetidae por sus características biológicas, abundancia y diversidad se identifica como una de las familias más importantes del orden Ephemeroptera. Esta familia se encontró en todas las Estaciones y en todas las épocas de muestreo, prefiriendo microhábitats como PCR (Piedra Corriente Rápida) y PCL (Piedra Corriente Lenta) y cumpliendo la función de Colectores, Recolectores y Trituradores. Se encuentran pegados a las piedras, para evitar que los lleve la corriente.

El P1EII presentó el valor más alto de dominancia de Simpson en



noviembre y el valor más bajo lo presentó el P2EIII en Septiembre. En cuanto a riqueza el P1EIV presentó el valor más alto de riqueza de Margalef en Agosto y el valor más bajo lo presentó el P1EIII en Agosto. Estos registros nos indican que la dominancia y la riqueza son influenciadas fuertemente por la altitud, la época de muestreo y el uso del suelo. Según Riss *et al* (2002) citado por (Ramos, 2004) la altitud es un factor geográfico que determina las condiciones ambientales y la distribución de la fauna acuática. Esto se puede relacionar con la reserva de vegetación nativa que se encuentra antes de la Estación IV, aunque donde se colectaron las muestras el río comienza a ser afectado por la ganadería por debajo de los 2800 msnm (Estación IV), se esperaba que las demás Estaciones presentaran mayor biodiversidad, porque la EIV se ubica a mayor altitud.

El valor alto de riqueza de Margalef de la comunidad de macroinvertebrados se relaciona con la presencia considerable de vegetación nativa, mientras que el

valor bajo de riqueza posiblemente se relaciona con la contaminación por excretas de ganado, cultivos y la baja cobertura de vegetación nativa que se pudieron observar. Ver anexo 4. La relación entre la riqueza de macroinvertebrados y el número de especies vegetales es directamente proporcional.

Posiblemente existe contaminación difusa, esta se explica con los booms de chironomidos cuando hay presencia de ganado a la orilla del río aproximadamente cada cuatro meses como ocurrió en Mayo y en Septiembre. Lo cual afecta la oferta de Servicios Ecosistémicos. En el municipio de Turmequé la disponibilidad del recurso hídrico para uso doméstico, presenta problemas en las épocas de bajas precipitaciones, entre Diciembre y Marzo (Quiroz Sánchez & Avendaño Reyes, 2015) en (E.O.T, 2015).

El valor de pérdida de especies de Kothé más alto lo presentó la Estación IV y las estaciones III y II presentaron un valor negativo, lo cual indica que en estaciones III y II la hay ganancia de Géneros. El río trata de



recuperarse de las perturbaciones causadas por la acción antrópica, como se evidencia en la EIII y la EII. "Nuestros indispensables recursos hídricos han demostrado tener una gran capacidad de recuperación, pero son cada vez más vulnerables y están más amenazados" (*Ban Ki-moon, 2014*).

Las Estaciones más disimiles en cuanto a abundancia de individuos fueron la Estación II y la Estación III. Esta situación se presenta posiblemente por causa de la diferencia de altitud y la actividad antrópica. La estructura de la comunidad de macroinvertebrados en ríos de gran altitud son espacialmente variables a pequeñas escalas en respuesta a condiciones ecológicas contemporáneas (Jacobsen, 2008)

PCR (Piedra Corriente Rápida) presentó el valor más alto de dominancia de Simpson. El valor más alto de riqueza de Margalef lo presentó H (Hojarasca). PCR presentó el mayor número de géneros, lo cual nos indica que es el hábitat preferido por muchos

macroinvertebrados, posiblemente porque les proporciona refugio.

La naturaleza física del sustrato es uno de los factores que más incide en la distribución y abundancia de la biota acuática (Rincón y Ladino, 1997); (Rincón, 2002) citados por (Ramos, 2004). La velocidad de la corriente determinada por los periodos de precipitación influye en la naturaleza física del sustrato, así mismo esta última en la dominancia y la riqueza de especies. Dewson *et al* (2007) dice que el caudal determina la disponibilidad de hábitats, por ende, la pertinencia de hábitat afecta a cada taxón diferencialmente. Se observó un trancamiento con bultos de arena en la Estación III que alteró el caudal y la velocidad de la corriente.

El Orden Diptera presentó la mayor abundancia de individuos seguido de los Órdenes Ephemeroptera, Coleoptera y Trichoptera. La alta abundancia de individuos del Orden Diptera se puede relacionar con la presencia de ganado. Las excretas del ganado posiblemente influyen en



el aumento del número de Chironomidos.

El Orden Diptera presentó mayor número de géneros, seguido de los Órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera. Estos Órdenes se encuentran presentes en todas las estaciones, épocas y microhabitats.

*Stenelmis*, *Ochrotrichia*, *Atanatolica*, *Pentaneura* y *Lopescladius* estuvieron presentes en todas las Estaciones, Épocas y Microhábitats. Lo cual indica que estos géneros tienen una gran capacidad de tolerancia.

*Baetodes* fue constante en estaciones y épocas, estuvieron presentes en PCL (Piedra Corriente Lenta) y en PCR (Piedra Corriente Rápida).

La presencia de amonio y valores altos de Temperatura, Nitrato, Fosfato, pH y Conductividad, valores bajos de O<sub>2</sub> Disuelto (6 - 6.7 m/l) que se han reflejado en el boom de Chironomidos anteriormente mencionado. La presencia de amonio es un indicio de contaminación reciente o de procesos reductivos predominantes (Roldán, 2012). Lo

cual nos indica que durante estos meses hubo una perturbación en el ecosistema (presencia de ganado y posiblemente contaminación con los cultivos

El río Muincha se caracteriza por presentar aguas entre levemente ácidas y levemente alcalinas. Los valores medios del % de saturación de O<sub>2</sub> por debajo del 100 % indican que el ecosistema se encuentra alterado (Roldan, 2012). Estas condiciones ambientales teniendo en cuenta los demás parámetros fisicoquímicos anteriormente mencionados determinan la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, es decir que la comunidad de macroinvertebrados responde ante las condiciones ambientales.

La presencia de amonio y valores altos de Temperatura, Nitrato, Fosfato, pH y Conductividad, con valores bajos de O<sub>2</sub> Disuelto (6 - 6.7 m/l) se reflejó en el boom de Chironomidos anteriormente mencionado. La presencia de amonio es un indicio de contaminación reciente o de procesos reductivos



predominantes (Roldán, 2012). Lo cual nos indica que durante estos meses hubo una perturbación en el ecosistema (presencia de ganado y posiblemente contaminación con los cultivos

El río Muincha se caracteriza por presentar aguas entre levemente ácidas y levemente alcalinas. Los valores medios del % de saturación de O<sub>2</sub> por debajo del 100 % indican que el ecosistema se encuentra alterado (Roldan, 2012). Estas condiciones ambientales teniendo en cuenta los demás parámetros fisicoquímicos anteriormente mencionados determinan la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, es decir que la comunidad de macroinvertebrados responde ante las condiciones ambientales.

## CONCLUSIONES

- La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros.

- *Baetodes* y *Simulium* presentaron la mayor abundancia en el Cuantitativo Total (red de surber). En abundancia total los géneros más abundantes fueron *Baetodes* y *Ochrotrichia*.
- La Estación IV presentó el valor más alto de pérdida de géneros.
- La Estación VI presenta el valor más alto de riqueza de Margalef, destacándose el P1EIV en Agosto.
- El valor más bajo de riqueza de Margalef lo presenta la estación III, destacándose el P1EIII en Agosto.
- La dominancia y la riqueza son influenciadas fuertemente por la altitud, la época de muestreo (caudal) y el uso del suelo.
- El valor alto de riqueza de Margalef de la comunidad de macroinvertebrados se relaciona con la presencia considerable de vegetación nativa, mientras que el valor bajo de riqueza posiblemente se relaciona con la contaminación por excretas de ganado, cultivos que se pudo



observar y la baja abundancia de vegetación nativa.

- PCR (Piedra Corriente Rápida) presentó la mayor dominancia y el valor más alto de riqueza lo presentó H (Hojarasca).
- La riqueza biológica depende de los usos del suelo.
- La riqueza de macroinvertebrados depende de la variedad de especies vegetales.
- Las condiciones ambientales determinan la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.
- Los factores fisicoquímicos determinan las condiciones ambientales y son influenciados fuertemente por la altitud, la precipitación (caudal) y los usos del suelo.
- La composición y la función de la comunidad de macroinvertebrados se encuentran fuertemente relacionadas con las características geomorfológicas y fisicoquímicas.

## AGRADECIMIENTOS

A la UPTC, al Ph.D. Fred Gustavo Manrique Abril por la dirección del trabajo, al grupo de investigación GISP por su colaboración y a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma para que fuera posible la ejecución del proyecto, entrega de informe y publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGRISANO, B y TREMOUILLES, G. (1995). Insecta - Diptera en: LOPRETTO, E y TELL. Ecosistemas de aguas continentales Tomos I, II y III. . Ediciones SUR. La Plata Argentina.

ANGRISANO, B y KOROB, G. (2001). Trichoptera en: FERNÁNDEZ H y DOMINGUEZ E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericano. Secretaría de Ciencias y Técnicas de la Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

Ban Ki-moon, 2014. ONU 2014



CARRERA, C. Y FIERRO, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.

CÉSPEDES, A; GUTIERREZ, C y REINOSO, G. 2014. Nuevos registros de Baetidae (EPHEMEROPTERA: INSECTA) para Colombia y el departamento del Tolima. Rev. Asoc.Col.Cienc. (Col.), 26: 56-64.

COSCARON, L. (2001). Díptera: Simuliidae: en Fernández, H y DOMÍNGUEZ, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

CORPOCHIVOR. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR. REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). Atlas Geográfico Ambiental de CORPOCHIVOR.

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.  
Yamile A. Ramos R

GONZÁLEZ, V; CAICEDO, O y AGUIRRE, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad del agua NFS, DINIUS y BMWP. Revista Gestión y Ambiente. Antioquia, Colombia.

JACOBSEN, D. (2008). Tropical High-Altitude Streams: Tropical Stream Ecology, editado por DUDGEON, D. The University of Hon Kong. China.

JACOBSEN, D; CRESA, C; JUDE, M; MATHOOKO y DUDGEON, D (2008). Macroinvertebrates: Composition, Life Histories and Production: Tropical Stream Ecology, editado por DUDGEON, D. The University of Hon Kong. China.

Mc CAFFERTY W y PROVONSHA, A. (1981). Aquatic Entomology. Jones and Bartlett. Publisher Boston. USA.

MERRIT, R y CUMMINS, K (Editores). (1978). An introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, E.U.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE ESPAÑA. (2009). Guía de campo.



Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro.

PAGGI, C. (1999). Diptera: Chironomidae en: FERNÁNDEZ, H y DOMÍNGUEZ, E. 2001. Guía para la determinación de artrópodos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina: p 155 – 236.

PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL - TURMEQUÉ (2016-2020)

POSADA, J y ROLDAN, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de larvas de Trichoptera en el Noroccidente de Colombia. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. *Caldasia* 25(1) 2003: p 169- 192.

RAMOS, Y. (2004). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados en el río Muincha en Turmequé – Boyacá. Trabajo de grado – pregrado. Escuela de Biología. UPTC. Tunja.

RAMOS, Y. (2017). Composición y roles tróficos de la comunidad de macroinvertebrados en el río Muincha en Turmequé – Boyacá. *Revista de la*

Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. p 133-141.

RINCÓN, M. (1999). Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los Tricópteros en la Cordillera Oriental (Colombia). *Insectos de Colombia*, Vol. II. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica Nacional. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá. P 266 - 268.

RINCÓN, M. (2002). Comunidad de Insectos Acuáticos de la quebrada Mamamarramos (Boyacá – Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*. 28 (1): p 101-108.

RISS, W; OSPINA, R y GUTIERREZ, J. (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados de la Sabana de Bogotá. *Caldasia* (24) (1): p 135-156.

ROLDAN, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/COL. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.



### Anexos

ROLDAN, G. (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. CAR. Cundinamarca. Colombia.

RUEDA, G. (2002). Manual de métodos en Limnología. Asociación Colombiana de Limnología, ACL-Limnos. Bogotá.

SEGNINI, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Ecología de Insectos. La Hechicera. Mérida. Venezuela. Rev: ECOTROPICOS 16(2): p 45-63. Sociedad Venezolana de Ecología.

WETZEL, R. y LIKENS, G. (1990). Limnological analyses. Springer-Verlag. USA.

Anexo 1. Especies más abundantes y más constantes

Fotografía 1. *Baetodes (awa)*

Fotografía 2. *Simulium (trichogodagmia)*

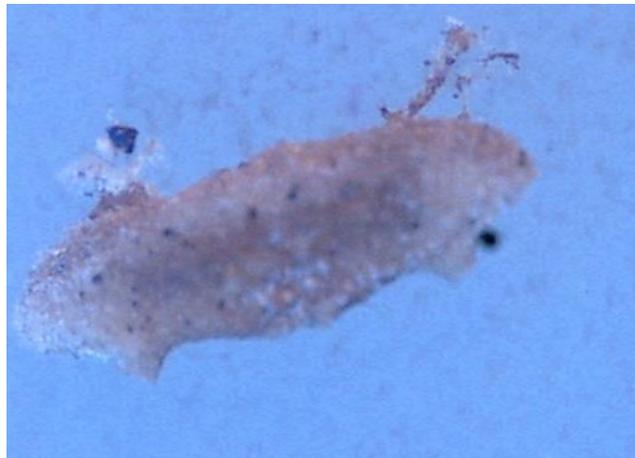


Fuente: El autor



Fuente: El autor

Fotografía 3. *Ochrotrichia sp2*



Fuente: El autor

Fotografías 1, 2 y 3 especies más abundantes



Anexo 2.  
Datos  
fisicoquímicos

Velocidad	med en m/s				
	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	0.32	0.88	0.45	0.47	0.84
EII	0.35	0.47	0.7	0.63	0.62
EIII	0.32	1.44	0.75	0.5	0.43
EIV	0.33	0.58	0.83	0.48	0.48

Caudal

	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	0.16	0.99	0.24	0.31	0.36
EII	0.21	0.41	0.84	0.38	0.52
EIII	0.18	0.75	0.34	0.36	0.18
EIV	0.19	0.36	0.65	0.39	0.15

Temperratura en °C

ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	16	12.6	13	15	15
EII	15.2	12.3	14	16	15
EIII	13.4	12.4	13	16	15
EIV	14	11.5	14	15	13

pH

ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	8.2	6.7	6.9	8.1	8.2
EII	8.2	7.2	7.3	8.2	8.1
EIII	7.5	7.5	6.9	7.5	7.5
EIV	7	6.4	6.4	7	7

Conductividad



ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	48	33.6	45	47	45
EII	47.2	40	47.3	46	45
EIII	45.4	30	45	46	45
EIV	44	19	45.5	47	43

Amonio

ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	1	0.2	0.2	0.4	0.2
EII	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2
EIII	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2
EIV	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2

Nitrato

ESTACIONE	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	25	1	1	1	0.5
EII	25	1	0.5	1	0.5
EIII	25	0.2	0.5	1	0.5
EIV	25	0.2	0.3	0.5	1

O<sub>2</sub> Disuelto en mg/l<sup>-1</sup>

ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	6	6.1	8	6.1	6
EII	6.1	6.2	8.2	6.2	6.1
EIII	6.4	6.5	8.5	6.4	6.3
EIV	6.7	6.8	8.5	6.7	6.6

% de saturación de O<sub>2</sub>

ESTACIONE

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	82	78	100	82	81



EII	82	80	102	82	82
EIII	82	81	96	82	85
EIV	92	88	107	82	90

**C. CAPÍTULO 3. Artículo 2. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA  
DEL RÍO MUINCHA A TRAVÉS DE LA COMUNIDAD DE  
MACROINVERTEBRADOS CON ÉNFASIS EN TRICHOPTERA,  
EPHEMEROPTERA Y DIPTERA EN TURMEQUÉ – BOYACÁ**

EVALUATION OF ECOLOGICAL QUALITY OF THE RIVER MUINCHA THROUGH THE COMMUNITY OF MACROINVERTEBRATES WITH ENFASIS IN TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA Y DIPTERA IN TURMEQUÉ – BOYACÁ

**RESUMEN**

En el año 2015 se realizaron 5 muestreos durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre en dos puntos en cuatro estaciones en un tramo entre 2431 y 2820 msnm del Río Muincha en Turmequé-Boyacá.

Para evaluar la calidad del agua se usaron los Índices BMWP/Col, EPT e INSF. Se puede concluir que el índice BMWP/Col es el mejor estimador del estado ecológico del río. Según BMWP/Col e INSF el río presenta agua de calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas) o de regular calidad.

Al comparar los índices Margalef y EPT la relación es inversamente proporcional. Por el contrario, el índice más claro es el índice BMWP al mostrar una relación directamente proporcional con el índice de Margalef, siendo aún más clara que la relación Margalef e INSF.

El ecosistema se encuentra alterado como consecuencia de la acción antrópica (ganadería y agricultura), la estación III presentó mayor afectación, y menor afectación la Estación IV. Por consiguiente, se identificó una clara relación entre la diversidad de macroinvertebrados, la calidad del agua y los usos del suelo.

**Palabras Clave:** comunidad, macroinvertebrados, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, dominancia, riqueza, calidad del agua, BMWP/Col, EPT e INSF



## ABSTRACT

In 2015 five samplings were performed in the months of May, Jun, August, September and November in four stations in a section of the 2431 to 2820 slom, in the river Muincha (Turmequé- -Boyacá). The Macroinvertebrates Community samples were collected in two points in four stations.

To evaluate the wáter quality it's used the indexes BMWP/Col, EPT and INSF. It's may conclude that the BMWP index is good stimator to establish the ecological state of the river. Agree BMWP/Col and INSF the river present wáter of accetable quality (contaminated slightly wáter) or regular quality.

At compare the indexes Margalef and EPT the relation is inversely proportional. By the contrary, the index more clear is the BMWP index at to show a relation directly proportional with the Margalef's index, being still more clear that the relation Margalef e INSF.

The ecosystem itself found altered as consequence of the anthropic action (live stock and agriculture), the station III showing more affectation, and less affectation the station IV. Therefore it's identified clear relation betwen the diversity of macroinvertebrates, the quality of wáter and the use of the soil. It's found a clear relation between the diversity of macroinvertebrates, the quality of water and the uses of soil.

**Key Words:** community, macroinvertebrates, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, dominance, richness, water quality, BMWP/Col, EPT and INSF.

**Palabras Clave:** comunidad, macroinvertebrados, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, dominancia, riqueza, calidad del agua, BMWP/Col, EPT e INSF.



## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad ecológica del río Muincha a través de la presencia de los macroinvertebrados y analizar la respuesta de los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Díptera a las condiciones del medio. El río Muincha ofrece servicios ambientales al municipio de Turmequé. Dada su importancia es necesario generar información para evaluar el estado ecológico de esta fuente hídrica, siendo los macroinvertebrados usados como bioindicadores. “El ecosistema acuático es el resultado de la interacción de los organismos que allí viven con la calidad fisicoquímica del agua, la atmósfera y el medio terrestre que lo rodea” (Roldán, 2012).

Los macroinvertebrados de agua dulce cumplen funciones importantes en los procesos ecológicos (Hanson *et al.*, 2004). Transfieren energía en los sistemas acuáticos según sus roles tróficos.

Según Roldán (2003) la mayor parte de los investigadores consideran a los macroinvertebrados acuáticos,

como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido entre otros aspectos a su tamaño, a su amplia distribución, a sus ciclos de vida relativamente largos y tolerancia a las condiciones físico-bióticas; aportan información de trayectoria, es decir, información acumulada en transcurso del tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Turmequé se encuentra ubicado a 5° 20' de Latitud Norte y 73° 30' de Longitud al Este del Meridiano de Greenwich y a 0° 3' 00" del meridiano de Bogotá, en la cordillera oriental de los Andes a 2400 msnm. (EOT, 2015).

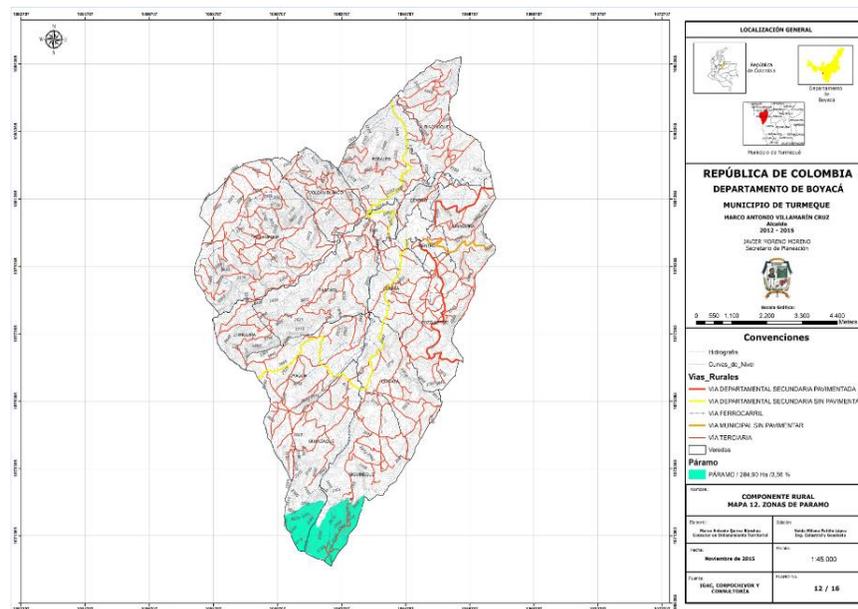
El municipio de Turmequé tiene una extensión de 79,69 kilómetros cuadrados (7.969 has). División Territorial: está conformado por 14 veredas: Jaraquira, Chiratá, Chinqira, Rinchoque, Rosales, Volcán Blanco, Teguanique, Páscata, Joyagua, Guanzaque, Siguineque, Juratá, Centro y Pozo Negro (CORPOCHIVOR, 2010).

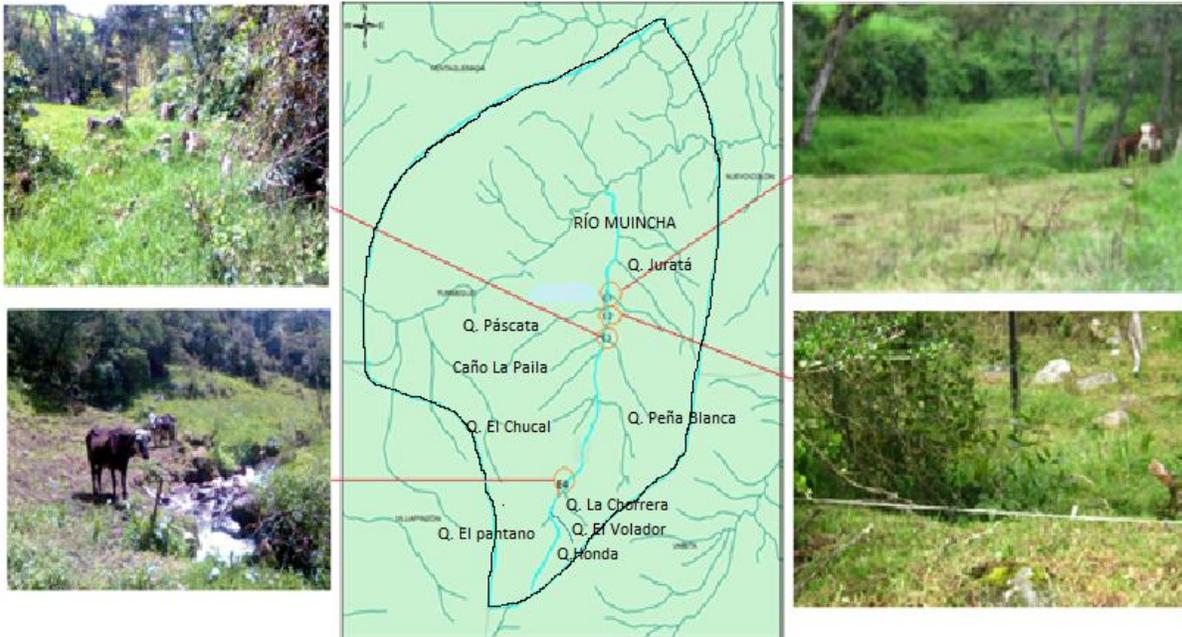


El río Muincha es una corriente de segundo orden en el territorio que nace en el municipio de Turmequé, en los límites con Villapinzón (Laguna del Valle, también llamada Laguna Colombia - Páramo de Guacheneque). Los principales afluentes son las quebradas Volador, Honda, Pantano, Peña Blanca, Páscata y Juratá. Recorre el municipio en 25 Km aproximadamente en sentido Sur –

Norte, por la parte central y es de exclusividad local. (EOT, 2015).

Figura 1. Mapa de Turmequé





Muincha, y estaciones de muestreo.  
(Fuente: Adaptado para el municipio de Turmequé CORPOCHIVOR, 2013 citado por Quiroz Sánchez & Avendaño Reyes en EOT, 2015 y Programa ArcGIS).

Escalas 1:45000 y 1:100000

Mapa de Turmequé, en cual se observa la microcuenca del río

Tabla 1. Valores Totales Mensuales de Precipitación (mms) durante los años 2004 y 2015

AÑOS	ENER	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2004	8.0	76.0	13.0	97.0	233.0	96.3	91.0	75.6	59.2	56.1	17.8	13.0
2015	17.9	33.0	48.5	43.2	65.1	170.6	83.4	74.5	22.9	15.1	37.4	14.7



Fuente: El autor.

### **Método**

Fase de campo.

Se tomaron muestras de macroinvertebrados durante los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Noviembre considerando periodos de lluvia y sequía, según información climática de la zona (Ramos, 2004).

Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo en un tramo de los 2431 a los 2820 msnm, siguiendo para su ubicación espacial el sistema de estaciones (Rincón, 2002) y (Rueda, 2002). Este sistema consiste en la selección de estaciones teniendo en cuenta parámetros como: altitud, pendiente, tipo de substrato, usos del suelo y velocidad de la corriente. La estación I se encuentra ubicada a 2431 msnm N 05°18'12,7" W 073°30'26,1", la estación II a 2460 msnm N 05°17'57,7" W 073°30'58,1", la estación III a 2484 msnm N 05°17'46,9" W 073°30'31,8" y la estación IV a

2820 msnm N 05°15'999" W 073°30'589"; coordenadas tomadas con el GPS. Se realizará una descripción de usos del suelo en estas estaciones.

Se hizo análisis in situ de temperatura del agua, ancho, profundidad, velocidad de la corriente, caudal del río, conductividad, pH oxígeno disuelto, amonio, nitrato y fosfato utilizando equipos como termómetro, medidores de conductividad y pH y Kits de Merk del laboratorio de Ecología de la UPTC. La comunidad de macroinvertebrados fue muestreada en cada zona aguas arriba y aguas abajo, es decir tomando tomando 2 puntos de muestreo en cada estación, bajo la concepción de coriotopos o microhábitats. Los coriotopos, se refieren a una parte del medio físico, con una posición geográfica pequeña y definida respecto al sector del río, que manifiesta una relativa homogeneidad y cada una de ellas funciona como una unidad estructural, la cual provee hábitat para muchas especies.



Muestras de macroinvertebrados se colectaron en coriotos como: Hojarasca (H), Musgo Corriente Rápida (M. C. R) y Lenta (M. C. L), Piedra Corriente Rápida (P. C. R), y Lenta (P. C. L); La exploración en estos microhábitat es sugerida por (Rincón, 1999) y (Rincón, 2002). Para la toma de muestras de macroinvertebrados se utilizaron métodos tradicionales como colección directa y red de Surber sugeridas por (Rincón, 2002).

Las muestras biológicas fueron preservadas en alcohol al 70%, se llevaron al laboratorio para posterior identificación (Wetzel y Likens, 1990).

#### Fase de laboratorio

Para identificar macro-invertebrados hasta el mínimo nivel taxonómico posible se utilizaron las claves de Mc Cafferty y Provonsha (1981), Merrit y Cummins (1978), Domínguez et al. (2001), Angrisano y Korob (2001), Lopretto y Tell (1995), Angrisano y Trémouilles (1995), Paggi (2001), Coscaron (2001), Posada y Roldan (2003), Roldán (1996b), Roldan

(2003), MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE ESPAÑA (2009), Roldan (2012), Céspedes *et al* (2014) y Humboldt (2015).

#### Fase de análisis

Se determinó la estructura cualitativa y cuantitativa de la comunidad de macroinvertebrados mediante la aplicación de índices de diversidad y de similaridad a nivel de género, los cuales se citan a continuación:

Tabla 8. *Índices de biodiversidad:*

Margalef:  $D = \frac{S-1}{\ln N}$  Determinar

Riqueza

Estos índices de Diversidad y de Similaridad son citados por (Krebs, 1989), (Roldán, 2012)

Se establecieron los roles tróficos a nivel de familia con base en revisión bibliográfica.



Se analizó la abundancia y el número de especies para los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, y Diptera.

Tabla. 2. *Índices de Calidad de agua*

Se aplicó el índice BMWP/Col recomendado por (Roldan, 2003), (Roldán, 2012) y el índice EPT sugerido por (Carrera y Fierro, 2001).

ÍNDICE BMWP/COL	ÍNDICE EPT	ÍNDICE NSF-
Ver (Roldan, 2003) y (Roldán, 2012)	EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	$INSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi$

Fuente: El autor.

Índice NSF (1978) para establecer la calidad del agua utilizando datos fisicoquímicos y microbiológicos sugerido por (González et al., 2013).

Para análisis de datos biológicos y fisicoquímicos se utilizó el software BioEstat 5.3.

#### Fase de trabajo con comunidad

Se realizó una campaña de concientización con la comunidad, especialmente con propietarios de fincas ubicadas en el área de estudio acerca de la importancia de cuidar los ecosistemas. Con la comunidad (diferentes gremios) y las autoridades



municipales se organizaron mesas de trabajo para la elaboración del Plan de Desarrollo – Turmequé (2016- 2020) y se analizó la problemática ambiental del municipio, siendo un tema de gran importancia las fuentes hídricas. Se aplicó el modelo BIT – PASE, el cual se utiliza frecuentemente para diseñar planes de Desarrollo. El cual se basa en tensionantes (problemas) y liberadores (soluciones).

*Grupos tróficos funcionales en la comunidad de macroinvertebrados y la carga de materia orgánica en el sistema.*

Tabla 3. Órdenes y Grupos Tróficos Funcionales según (Graca, 2001) citado por (UNAL, 2009)

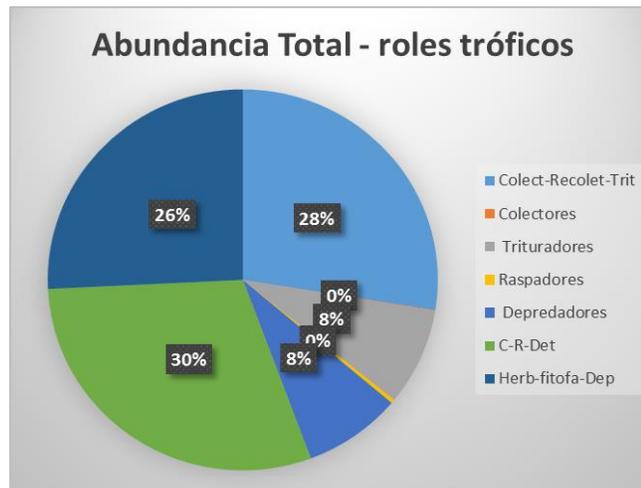
## RESULTADOS

Colect-Recolet-Trit	Colectores	Trituradores	Raspadores	Depredadores	C-R-Det
Ephemeroptera	Hydroida	Amphipoda	Veneroida	Trichoptera	Diptera
		Collembola	Lepidoptera	Plecoptera	Seriata
		Isopoda		Coleoptera	Seriata
				Megaloptera	Haplotaxida
				Neuroptera	Rhynchobdellida
				Hemiptera	
				Acari	



Los Colectores – Recolectores –Detritívoros presentaron el valor más alto de abundancia con 936 individuos y el valor más bajo de abundancia lo presentaron los colectores con 2 individuos como se puede observar en la figura 2.

Figura 2. *Abundancia Total de individuos según Roles Tróficos*



Ordenes Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera y Coleoptera

Abundancia Total

El Orden Diptera presentó la mayor abundancia de individuos seguido de los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera y Trichoptera como lo muestra la figura 3.

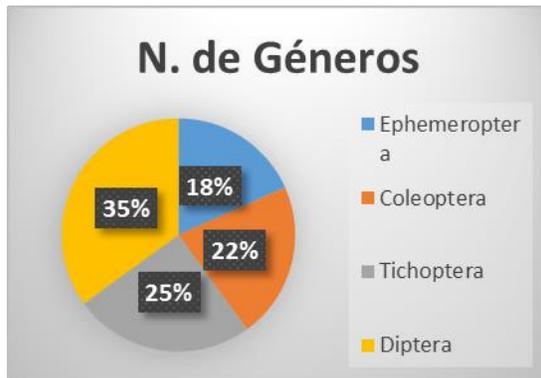
Figura 3. *Abundancia para Órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera*



Número de géneros

El orden Diptera presentó el mayor número de géneros, seguido de los Órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera como se observa en la figura 4.

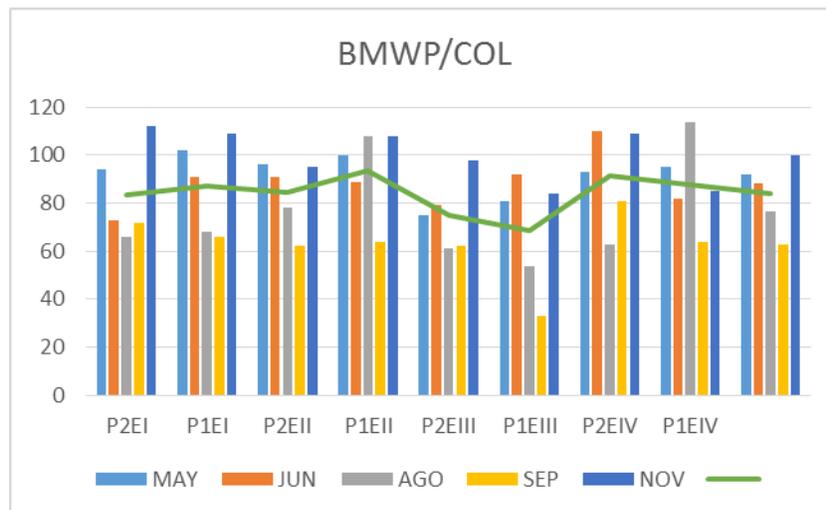
Figura 4. *Número de géneros para Órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera*



Índices de calidad del agua Índice BMWP/Col.

El puntaje de BMWP/Col más alto lo presentó el P1EIV en Agosto con 114 equivalente a agua de calidad aceptable, por el contrario el puntaje más bajo lo presentó el P1EIII Septiembre en con 33 equivalente a agua de calidad aceptable como se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Índice BMWP

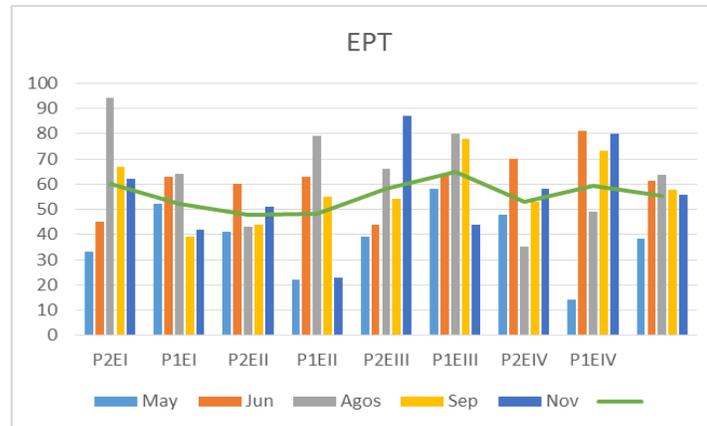


Índice EPT



El puntaje de EPT más alto lo presentó P2EI en Agosto con 94 puntos equivalente a agua de buena calidad, mientras que el puntaje más bajo lo presentó P1EIV en Mayo con 14 puntos equivalente a agua de regular calidad como lo muestra la figura 6.

Figura 6. *Puntaje EPT*



### Índice INSF

El índice INSF nos muestra que el % de saturación de O<sub>2</sub> presentó el puntaje más alto en la Estación IV con 15,2. El puntaje más bajo lo presentó el nitrato en la Estación I con 5,6, seguido de las

estaciones II, III y IV. La conductividad y el Fosfato presentaron un puntaje de 13,5

en las cuatro estaciones como se puede evidenciar en la figura 7.

Figura. 7. *Puntaje INSF por Estaciones. Ver anexo 3*

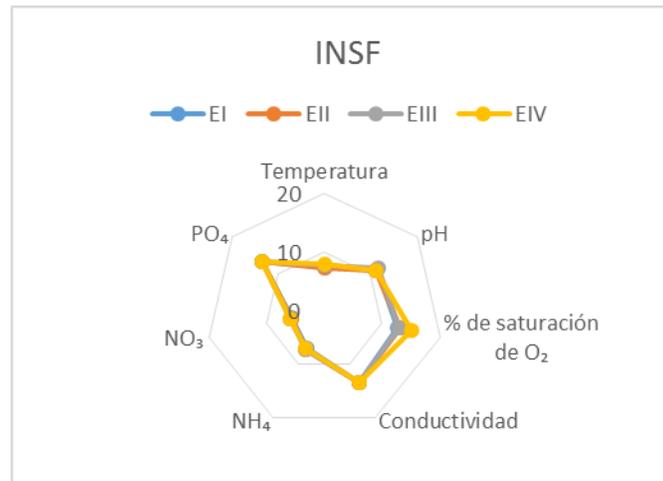


Tabla 4. Puntaje INSF por Estaciones.

PARÁMETRO	EI	EII	EIII	EIV
Temperatura	7,59	7,37	7,75	7,92
pH	11,31	11,05	11,7	11,05
% de saturación de O <sub>2</sub>	12,73	13,11	12,92	15,2
Conductividad	13,5	13,5	13,5	13,5
NH <sub>4</sub>	7	7,28	7,28	7,14
NO <sub>3</sub>	5,6	5,74	5,88	5,88
PO <sub>4</sub>	13,5	13,5	13,5	13,5
<b>Puntaje Total INSF</b>	<b>71,23</b>	<b>71,55</b>	<b>72,53</b>	<b>74,19</b>
<b>Calidad del agua</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>

Tabla 5. Puntaje INSF por Épocas



PARÁMETRO	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
<b>Temperatura</b>	7,48	8,8	7,92	6,71	7,37
<b>pH</b>	11,18	11,31	11,18	11,18	11,18
<b>% de saturación de O<sub>2</sub></b>	12,92	13,49	11,4	12,73	12,92
<b>Conductividad</b>	13,2	13,5	13,5	13,05	13,5
<b>NH<sub>4</sub></b>	6,72	7,28	7,28	7,14	7,14
<b>NO<sub>3</sub></b>	4,9	8,54	8,68	8,4	8,54
<b>PO<sub>4</sub></b>	8,4	8,82	8,68	7,7	8,96
<b>Puntaje Total INSF</b>	64,8	71,74	68,64	66,91	69,61
<b>Calidad del agua</b>	Regular	Buena	Regular	Regular	Regular

Tensionantes:

-Ganado (excretas)

-Cultivos

Comparación de Índices BMWP/Col, EPT e INSF

Relación espacio - temporal

Al comparar los Índices BMWP/Col e INSF coinciden en que el río presenta aguas levemente contaminadas o de regular calidad. A diferencia del EPT, el cual nos indica que el río presenta aguas de buena calidad. Como se puede observar en la tabla 6.



Tabla 6. Comparación de Valores INSF Medios Índices BMWP/Col, EPT e

ÍNDICE	PUNTAJE C. AGUA	
<b>BMWP</b>	83, 97	Aceptable (agua levemente contaminada)
<b>EPT</b>	55, 42	Buena
<b>INSF</b>	68, 34	Regular

Ventajas y desventajas de aplicación de los índices BMWP/Col, EPT, INSF

los índices BMWP/Col, EPT, INSF.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de aplicación de

ÍNDICE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>BMWP</b>	Índice a nivel de familia que nos ayuda a dar un diagnóstico acerca del estado ecológico del ecosistema.	Falta información para trabajar a nivel de género
<b>EPT</b>	Índice que tiene en cuenta los grupos taxonómicos que indican agua de buena y muy buena calidad como lo son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.	No toma los órdenes y no tiene una escala bien definida. Por lo tanto, no se puede realizar un buen diagnóstico acerca del estado ecológico.
<b>INSF</b>	Nos ayuda a encontrar	Nos da información

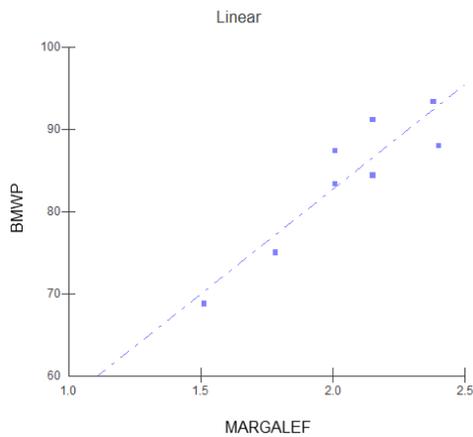


	época de contaminación y contaminante.	momentánea
--	---	------------

Riqueza versus calidad del agua  
Al comparar la riqueza (Margalef) con la calidad del agua (BMWP), se puede comprobar que la riqueza

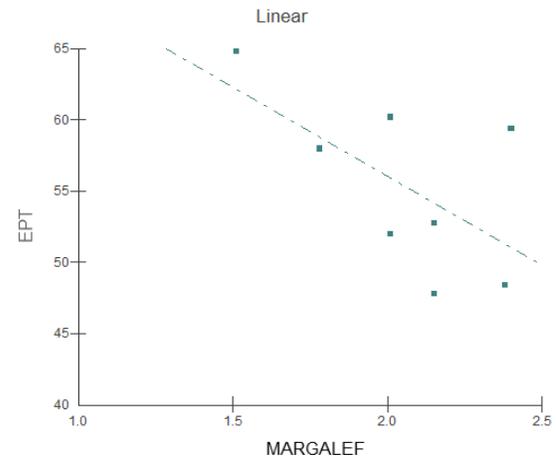
tiende a subir cuando la calidad del agua sube. Como se puede ver en la figura 8.

Figura 8. *Margalef-BMWP*



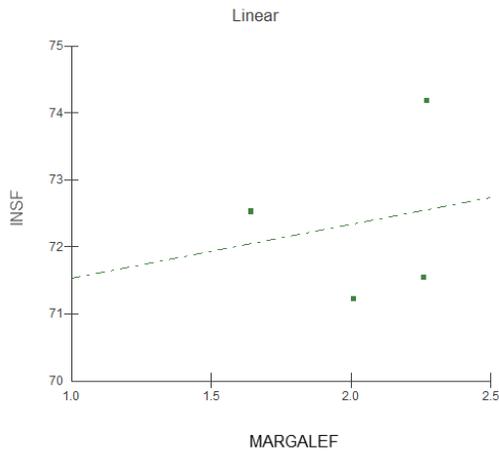
Al comparar la riqueza (Margalef) con la calidad del agua (EPT), se puede comprobar que la riqueza tiende a bajar cuando la calidad del agua sube. Como se observa en la figura 9.

Figura 9. *Margalef-EPT*



Al comparar la riqueza (Margalef) con la calidad del agua (INSF), se puede comprobar que la riqueza tiende a subir cuando la calidad del agua sube. Siendo la excepción el tercer valor. Como se puede ver en la figura 10.

Figura 10. *Margalef- INSF*

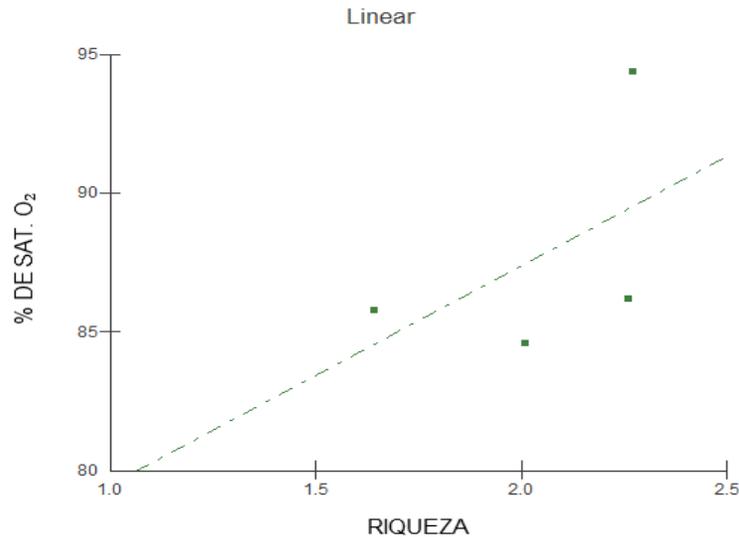


Al comparar la riqueza (Margalef) con el % de saturación de  $O_2$ , se puede comprobar que la riqueza tiende a subir cuando el % de saturación de  $O_2$  sube. Como se puede observar en la figura 11.

Figura 11. *Margalef-  $O_2$*

Riqueza versus % de saturación de

$O_2$



Trabajo realizado con comunidad y autoridades municipales.

Se realizó una campaña de sensibilización con personas que

tienen propiedades en las áreas de muestreo respecto a la importancia de cuidar los ecosistemas, especialmente las fuentes hídricas. En el Plan de Desarrollo Territorial -

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.

Yamile A. Ramos R



Turmequé (2016-2020) se plasmó toda la problemática ambiental (tensionantes) del municipio y soluciones (liberadores), en un trabajo conjunto con la comunidad y autoridades municipales.

## DISCUSIÓN

La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros, ver anexo 1; comparada con la estructura de la comunidad establecida en el Ramos (2004) y Ramos (2017) 10 Órdenes, 29 Familias, 5 Subfamilias y 40 Géneros, la estructura posiblemente varió debido a que se tomó una estación más y se realizó doble muestreo en cada estación.

Según Riss *et al* (2002) citado por (Ramos, 2004) la altitud es un factor geográfico que determina las condiciones ambientales y la distribución de la fauna acuática. Esto se puede relacionar con la reserva de vegetación nativa que se encuentra

antes de la Estación IV, aunque en esta estación ubicada a 2820 msnm, el río comienza a ser afectado aguas abajo por la ganadería; se esperaba que las demás Estaciones presentaran mayor biodiversidad, porque la EIV se ubica a mayor altitud.

Posiblemente existe contaminación difusa, esta se explica con los booms de chironomidos cuando hay presencia de ganado a la orilla del río aproximadamente cada cuatro meses como ocurrió en Mayo y en Septiembre. Lo cual afecta la oferta de Servicios Ecosistémicos. En el municipio de Turmequé la disponibilidad del recurso hídrico para uso doméstico, presenta problemas en las épocas de bajas precipitaciones, entre Diciembre y Marzo (Quiroz Sánchez & Avendaño Reyes, 2015) en (E.O.T, 2015).

El Orden Diptera presentó la mayor abundancia de individuos seguido de los Órdenes Ephemeroptera, Coleoptera y Trichoptera. La alta abundancia de individuos del Orden Diptera se puede relacionar con la presencia de ganado. Las excretas



del ganado posiblemente influyen en el aumento del número de Chironomidos.

El Orden Diptera presentó mayor número de géneros, seguido de los Órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera. Estos Órdenes se encuentran presentes en todas las estaciones y épocas.

*Stenelmis*, *Ochrotrichia*, *Atanatolica*, *Pentaneura* y *Lopescladius* estuvieron presentes en todas las Estaciones, Épocas y Microhábitats. Ver anexo 2. Lo cual indica que estos géneros tienen una gran capacidad de tolerancia.

*Baetodes* y *Baetodes* fueron constantes en Estaciones y Épocas, estuvieron presentes en PCL (Piedra Corriente Lenta) y en PCR (Piedra Corriente Rápida).

Al comparar el número de individuos por Estaciones según Roles Tróficos con los valores medios de los parámetros fisicoquímicos por estaciones, se puede encontrar relación entre la presencia de Amonio, los altos valores de Nitrato y Fosfato y la presencia constante y considerable de Colectores -

Recolectores - Detritivoros (Ordenes Diptera, Seriata, Haplotaxida y Arthricobdellida), lo cual indica una carga de materia orgánica leve en el ecosistema. Aunque el problema no sea tan grave, hay contaminación posiblemente debido al mal uso del suelo (actividades agropecuarias).

Con el método de la red de surber, la colección directa en microhábitats y realizar doble muestreo se puede obtener más información que utilizando solo el método cuantitativo. Al utilizar únicamente el método de la red de surber se dejaría de explorar varios microhábitats, por consiguiente, no se obtendría información acerca de muchos grupos taxonómicos.

Al comparar los Índices BMWP/Col, INSF y Margalef coinciden en que la Estación VI presenta el puntaje más alto y el valor más alto de riqueza, es decir que la estación menos afectada es la Estación IV. BMWP y Margalef también coinciden en que la estación III presenta valores más bajos de calidad del agua y riqueza, lo cual nos indica que la estación III es la más afectada. El índice BMWP/Col y



el INSF nos indican que el río presenta una calidad de agua aceptable (aguas ligeramente contaminadas) o de regular calidad. Después de aplicar los Índices BMWP/Col, EPT e INSF se puede concluir que el Índice BMWP/Col es un buen índice para establecer el estado ecológico del río, pero los índices INSF y Margalef también nos pueden ayudar bastante. El índice BMWP/Col toma toda la comunidad de macroinvertebrados ofreciendo más información acerca del estado ecológico del ecosistema, mientras el EPT toma los tres órdenes más exigentes en cuanto a calidad ecológica, el problema es que no tiene una escala de puntuación bien definida y se pierde información acerca del resto de la comunidad. El INSF detecta la contaminación si se analiza la información por épocas.

Al comparar la riqueza (Margalef) con la calidad del agua (BMWP e INSF) se puede comprobar que la riqueza tiende a subir cuando la calidad del agua sube, es decir que la riqueza depende de la calidad del agua y esta última de los usos del

suelo. Al comparar los índices Margalef y EPT la relación es inversamente proporcional. El índice más claro es el índice BMWP al mostrar una relación directamente proporcional con el índice de Margalef, siendo aún más clara que la relación Margalef e INSF.

Los Índices EPT e INSF coinciden en que Mayo presentó una alteración en la calidad del agua. BMWP/Col, INSF y Margalef coinciden en que Septiembre también presentó una alteración en la calidad del agua, lo cual se puede asociar con la presencia de amonio y valores altos de Temperatura, Nitrato, Fosfato, pH y Conductividad, con valores bajos de O<sub>2</sub> Disuelto (6 - 6.7 m/l) y que se vio reflejado en el boom de Chironomidos anteriormente mencionado. Lo cual nos indica que probablemente durante estos meses hubo una perturbación en el ecosistema debido a presencia de ganado y contaminación con los cultivos (entre estación III y IV), predominando la ganadería. Ver anexo 5. La presencia de amonio es un indicio de contaminación reciente o de procesos



reductivos predominantes (Roldán, 2012).

El índice INSF nos muestra que el % de saturación de O<sub>2</sub> presentó el puntaje más alto en la Estación IV y en todos los parámetros fisicoquímicos. El puntaje más bajo de todos los parámetros fisicoquímicos lo presentó el nitrato en la Estación I. La conductividad y el Fosfato presentaron el mismo puntaje en las cuatro estaciones. Ver anexos 3 y 4. La altitud, la precipitación, la oxigenación física y los usos del suelo son factores que influyen en estos resultados de análisis fisicoquímicos.

Al comparar la riqueza (Margalef) con el % de saturación de O<sub>2</sub>, se puede comprobar que la riqueza tiende a subir cuando el % de saturación de O<sub>2</sub> sube. Lo cual nos indica una relación directamente proporcional. En la Estación III al parecer se presenta un descenso en la oxigenación y por lo tanto en la biodiversidad. Lo cual coincide con todo lo anteriormente mencionado.

El río Muincha se caracteriza por presentar aguas entre levemente

ácidas y levemente alcalinas. Los valores medios del % de saturación de O<sub>2</sub> por debajo del 100 % indican que el ecosistema se encuentra alterado (Roldan, 2012). Estas condiciones ambientales teniendo en cuenta los demás parámetros fisicoquímicos anteriormente mencionados determinan la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, es decir que la comunidad de macroinvertebrados responde ante las condiciones ambientales.

La estructura física conectada con el ciclo hidrológico forman un patrón (Southwood, 1977) citado por (Vannote *et al.*, 1980), para las respuestas fisiológicas y dan por resultado modelos uniformes de la función y estructuras de las comunidades y de la carga, transporte, uso y almacenamiento de materia orgánica a lo largo del río. (Vannote *et al.*, 1980). Según (Ward *et al.*, 2002) las perturbaciones naturales juegan un papel importante en la diversidad de hábitats.

Se podría decir que el ecosistema presenta un estado regular y

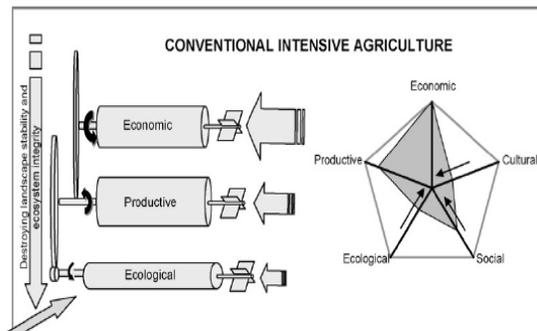


posiblemente acercándose a mesotrófico. Se están perdiendo el capital natural, la funcionalidad ecológica, la disponibilidad y la calidad del agua, que pudieron ser causadas por las actividades antrópicas.

ambiental fue planteada en las mesas de trabajo del Plan de Desarrollo – Turmequé (2016-2020) y se acordó trabajar por la protección y la restauración de los ecosistemas (con gran prioridad las fuentes hídricas) hacia un Turmequé Sostenible (Verde), donde puedan sobrevivir otras generaciones. Ver anexo 6.

Figura 12. *Modelo de uso intensivo del suelo*

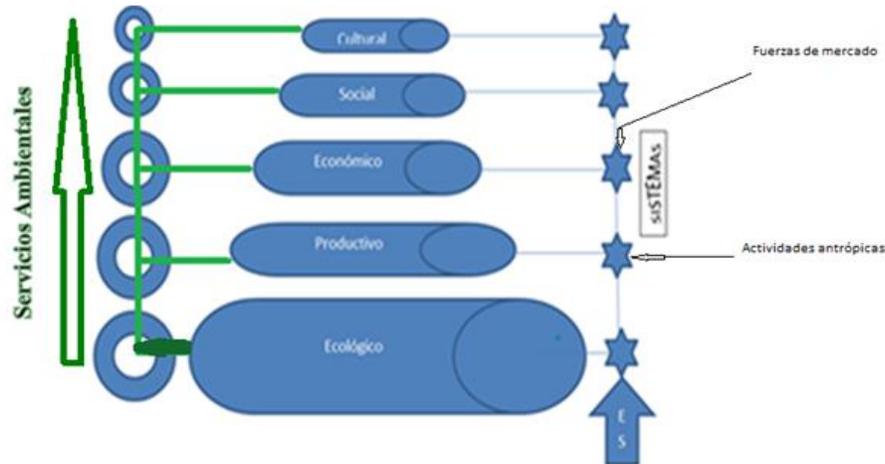
(extensión del área agrícola y ganadera), se ajustaría al modelo de la figura 12. Esta problemática



Fuente: (Gómez y González, 2007)

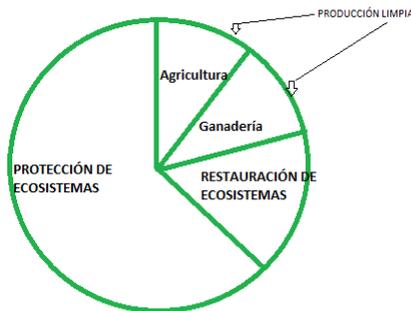
## SUGERENCIAS

- Confirmar especies con pruebas de ADN y ayuda de otros Limnólogos.
- Hacer seguimiento del efecto del cambio climático en la comunidad de macroinvertebrados.
- Se sugiere hacer Manejo Ecológico Sostenible Fuerte y hacer buen uso del suelo como se propone en el modelo de las figuras 13 y 14.
- Figura 13. Modelo de Manejo Ecológico Sostenible Fuerte.



(Fuente: tomado y adaptado de (Gómez y González, 2007).

Figura 14. Modelo de usos del suelo.



## CONCLUSIONES

- Los Colectores - Recolectores - Detritívoros (Ordenes Diptera,
- Seriata, Haplótaxida y Arthrobelloida) presentaron el valor más alto de abundancia,
- Al comparar los Índices BMWP/Col, INSF y Margalef coinciden en que la Estación VI presenta el puntaje más alto y el valor más alto de riqueza, destacándose el P1EIV en Agosto.
- BMWP y Margalef también coinciden en que la estación III presenta valores más bajos de calidad del agua y riqueza, lo cual nos indica que la estación III es la más afectada. destacándose el P1EIII en Agosto.
- La dominancia y la riqueza son influenciadas fuertemente por la altitud, la época de muestreo (caudal) y el uso del suelo.



- Al comparar el número de individuos por Estaciones según Roles Tróficos con los valores medios de los parámetros fisicoquímicos por estaciones se puede encontrar relación entre la presencia de Amonio, los altos valores de Nitrato y Fosfato y la presencia constante y considerable de Colectores - Recolectores - Detritívoros, lo cual indica una carga considerable de materia orgánica en el Ecosistema.
- El Orden Diptera presentó la mayor abundancia de individuos y el mayor número de géneros.
- *Stenelmis*, *Ochrotrichia*, *Atanatoica*, *Pentaneura* y *Lopescladius* fueron constantes en Estaciones, Épocas y Microhábitats.
- El índice BMWP/Col y el INSF nos indican que el río presenta una calidad de agua aceptable (aguas ligeramente contaminadas) o de regular calidad.
- El índice EPT se podría aplicar ajustando la escala de puntuación.
- El índice BMWP/Col es el mejor estimador del estado ecológico del ecosistema.
- Los índices INSF y Margalef pueden ser estimadores auxiliares del Índice BMWP.
- El ecosistema se encuentra alterado por debajo de los 2820 msnm (Estación IV) como consecuencia de la acción antrópica (ganadería y agricultura), presentando mayor afectación las estaciones III, y los índices BMWP/Col, EPT, INSF y Margalef coinciden en que la Estación IV presenta menor afectación.
- La altitud, la precipitación, la oxigenación física y los usos del suelo son factores que influyen en los parámetros fisicoquímicos.
- Al comparar la riqueza (Margalef) con el % de saturación de O<sub>2</sub> nos indica una relación directamente proporcional.
- La composición y la función de la comunidad de



macroinvertebrados se encuentran fuertemente relacionadas con las características geomorfológicas y fisicoquímicas.

- La riqueza biológica depende de la calidad del agua y ésta última de los usos del suelo.
- Las condiciones ambientales determinan la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.
- Se están perdiendo el capital natural, la funcionalidad ecológica, la disponibilidad y la calidad del agua debido a las actividades antrópicas (extensión del área agrícola y ganadera). Lo cual fue planteado en las mesas de trabajo para la elaboración del Plan de Desarrollo –Turmequé (2016-2020).
- En el Plan de Desarrollo – Turmequé (2016-2020) se plantearon objetivos hacia la protección y restauración de los sistemas ecológicos, siendo de especial atención las fuentes hídricas.

## AGRADECIMIENTOS

A la UPTC, al Ph.D. Fred Gustavo Manrique Abril por la dirección del trabajo, al grupo de investigación GISP por su colaboración y a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma para que fuera posible la ejecución del proyecto, entrega de informe y publicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGRISANO, B y TREMOUILLES, G. (1995). Insecta - Diptera en: LOPRETTO, E y TELL. Ecosistemas de aguas continentales Tomos I, II y III. . Ediciones SUR. La Plata Argentina.

ANGRISANO, B y KOROB, G. (2001). Trichoptera en: FERNÁNDEZ H y DOMINGUEZ E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericano. Secretaría de Ciencias y Técnicas de la Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.



CARRERA, C. Y FIERRO, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.

CÉSPEDES, A; GUTIERREZ, C y REINOSO, G. 2014. Nuevos registros de Baetidae (EPHEMEROPTERA: INSECTA) para Colombia y el departamento del Tolima. Rev. Asoc.Col.Cienc. (Col.), 26: 56-64.

COSCARON, L. (2001). Díptera: Simuliidae: en Fernández, H y DOMÍNGUEZ, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

CORPOCHIVOR. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR. REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). Atlas Geográfico Ambiental de CORPOCHIVOR.

GONZÁLEZ, V; CAICEDO, O y AGUIRRE, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad

del agua NFS, DINIUS y BMWP. Revista Gestión y Ambiente. Antioquia, Colombia.

GÓMEZ, A y GONZÁLEZ, A. 2007. A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems in Spain using a multi-dimensional evaluative model. Universidad de Alcalá. Madrid.

Mc CAFFERTY W y PROVONSHA, A. (1981). Aquatic Entomology. Jones and Bartlett. Publisher Boston. USA.

MERRIT, R y CUMMINS, K (Editores). (1978). An introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, E.U.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, GOBIERNO DE ESPAÑA. (2009). Guía de campo. Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro.

PAGGI, C. (1999). Díptera: Chironomidae en: FERNÁNDEZ, H y DOMÍNGUEZ, E. 2001. Guía para la determinación de artrópodos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina: p 155 – 236.

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.  
Yamile A. Ramos R



PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL -  
TURMEQUÉ (2016-2020)

POSADA, J y ROLDAN, G. (2003).  
Clave ilustrada y diversidad de larvas  
de Trichoptera en el Noroccidente de  
Colombia. Universidad de Antioquia.  
Medellín. Colombia. Caldasia 25(1)  
2003: p 169- 192.

RAMOS, Y. (2004). Estructura de la  
comunidad de macroinvertebrados en  
el río Muincha en Turmequé –  
Boyacá. Trabajo de grado – pregrado.  
Escuela de Biología. UPTC. Tunja.

RAMOS, Y. (2017). Composición y  
roles tróficos de la comunidad de  
macroinvertebrados en el río Muincha  
en Turmequé – Boyacá. Revista de la  
Asociación Colombiana de Ciencias  
Biológicas. p 133-141.

RINCÓN, M. (1999). Estudio  
preliminar de la distribución altitudinal  
y espacial de los Tricópteros en la  
Cordillera Oriental (Colombia).  
Insectos de Colombia, Vol. II.  
Facultad de Ciencias. Universidad  
Pedagógica Nacional. Academia

Colombiana de Ciencias Exactas,  
Físicas y Naturales. Bogotá. p 266 -  
268.

RINCÓN, M. (2002). Comunidad de  
Insectos Acuáticos de la quebrada  
Mamarramos (Boyacá –  
Colombia). Revista Colombiana de  
Entomología. 28 (1): p 101-108.

RISS, W; OSPINA, R y GUTIERREZ,  
J. (2002). Establecimiento de valores  
de bioindicación para macro-  
invertebrados de la Sabana de  
Bogotá. Caldasia (24) (1): p 135-156.

ROLDAN, G. (2003). Bioindicación de  
la calidad del agua en Colombia. Uso  
del método BMWP/COL. Universidad  
de Antioquia. Medellín. Colombia.

ROLDAN, G. (2012). Los  
macroinvertebrados como  
bioindicadores de la calidad del agua.  
CAR. Cundinamarca. Colombia.

RUEDA, G. (2002). Manual de  
métodos en Limnología. Asociación  
Colombiana de Limnología, ACL-  
Limnos. Bogotá.

CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO MUINCHA.  
Yamile A. Ramos R



SEGNINI, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Universidad

de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Ecología de Insectos. La Hechicera. Mérida. Venezuela. Rev: ECOTROPICOS 16(2): p 45-63. Sociedad Venezolana de Ecología.

VANNOTE, R., MINSHALL, G., CUMMINS, K. SEDELI, J y CUSHINC, C. (1980). The river continuum concept. Revista Can. J. Aquatic. Sci. 37. p 130 – 137. USA.

WARD, J. (1992). River Ecosystems. Encyclopedia of Earth System

#### a. Conclusiones Generales

- La comunidad de macroinvertebrados presente en el río Muincha se encuentra compuesta por 18 Órdenes, 43 Familias y 75 Géneros.
- *Baetodes* y *Simulium* presentaron la mayor abundancia en el Cuantitativo

Science. Academic Press. Estados Unidos.

WARD, J; Tockner, K; Arscott, D.B & Claret C. (2002). Riverine landscape diversity freshwater, Biol. 47: p 517 – 639.

WETZEL, R. y LIKENS, G. (1990). Limnological analyses. Springer-Verlag. USA.

Total (red de surber). En abundancia total los géneros más abundantes fueron *Baetodes* y *Ochrotrichia*.

- Los Colectores - Recolectores - Detritívoros (Órdenes Diptera, Serrata, Haplótaxida y Artrícolobdellida) presentaron el valor más alto de abundancia, indicando que el ecosistema está



siendo alterado.

- Al comparar los Índices BMWP/Col, INSF y Margalef coinciden en que la Estación VI presenta el puntaje más alto y el valor más alto de riqueza, destacándose el P1EIV en Agosto.

relacionadas con las características geomorfológicas y fisicoquímicas.

- La riqueza biológica depende de la calidad del agua y ésta última de los usos del suelo.

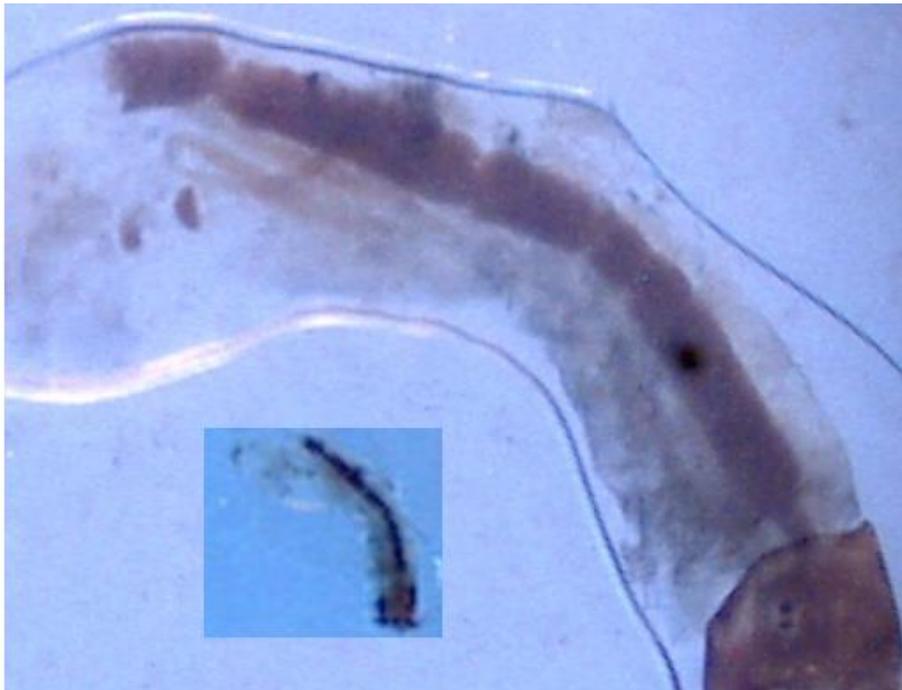
- El índice BMWP/Col es el mejor estimador del estado ecológico del ecosistema.
- El ecosistema se encuentra alterado por debajo de los 2800 msnm.
- La riqueza biológica depende de la calidad del agua y ésta última de los usos del suelo.
- El Orden Diptera presentó la mayor abundancia de individuos y el mayor número de géneros.
- La composición y la función de la comunidad de macroinvertebrados se encuentran fuertemente





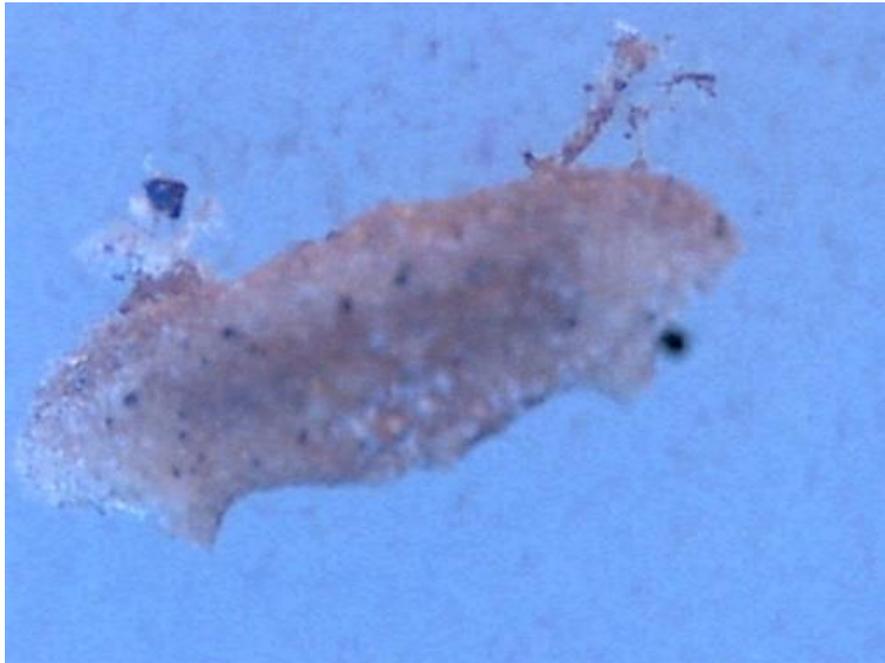
Fuente: El autor.

Fotografía 2. *Simulium (trichogodagmia)*



Fuente: El autor.

Fotografía 3. *Ochrotrichia sp2*



Fuente: El autor.

Fotografías 1, 2 y 3 especies más abundantes

Fotografía 4. *Stenelmis* sp1



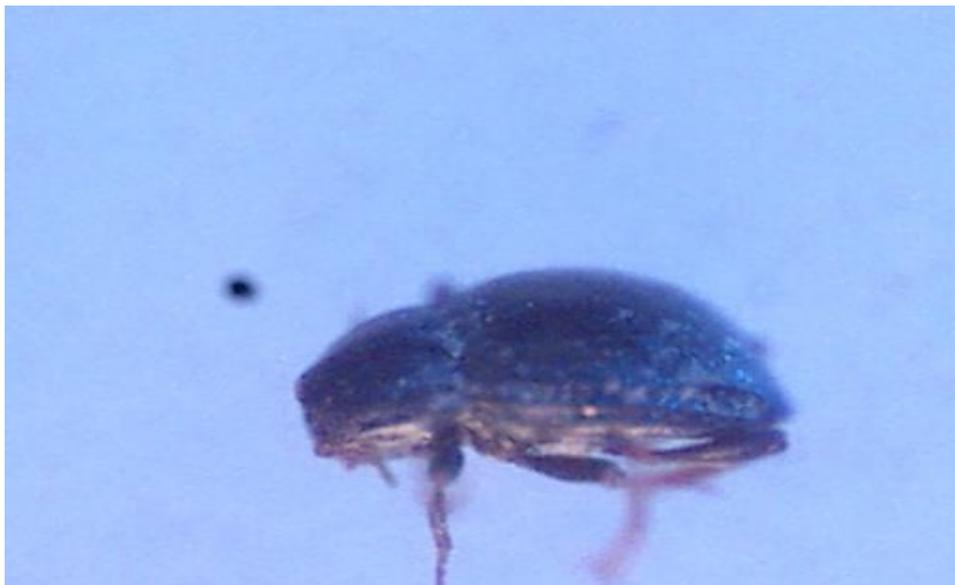
Fuente: El autor.

Fotografía 5. *Stenelmis* sp1



Fuente: El autor.

Fotografía 6. *Stenelmis sp1*



Fuente: El autor.

Fotografía 7. *Ochrotrichia sp1*



Fuente: El autor.

Fotografía 8. *Atanotolica sp1*



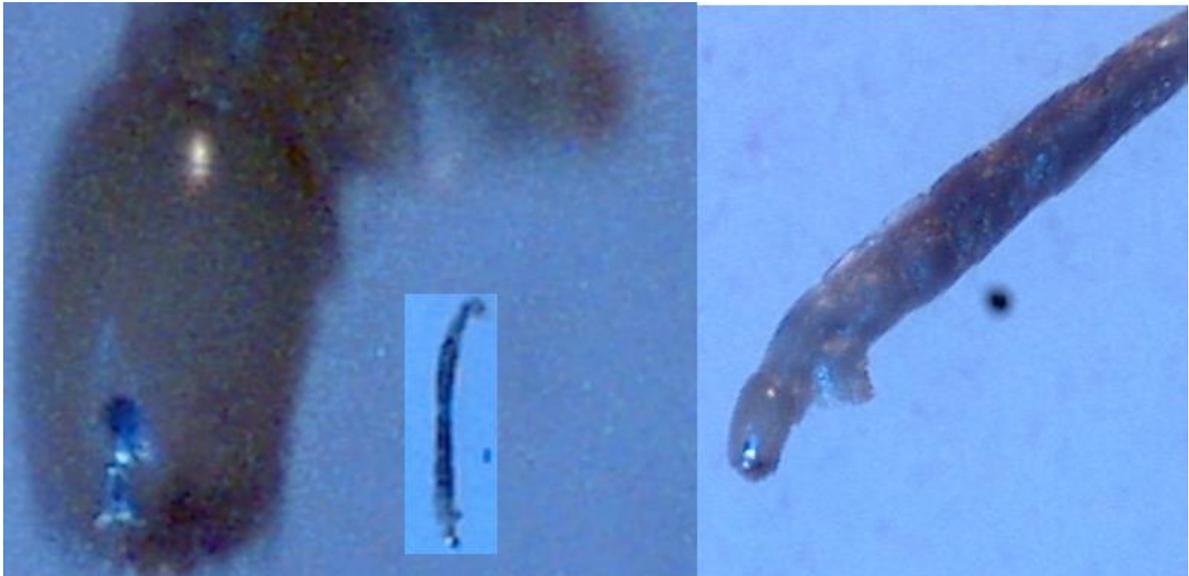
Fuente: El autor.

Fotografía 9. *Atanotolica sp1*



Fuente: El autor.

Fotografía 10. *Pentaneura sp*



Fuente: El autor.

Fotografía 11. *Pentaneura sp*



Fuente: El autor.

Fotografía 12. *Lopescladius sp*



Fuente: El autor.

Fotografía 13. *Baetodes (spinae)*



Fuente: El autor.

Fotografías 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 12 y 13. Especies constantes

### Anexo 3. Datos fisicoquímicos





Velocidad	med en m/s				
	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	0.32	0.88	0.45	0.47	0.84
EII	0.35	0.47	0.7	0.63	0.62
EIII	0.32	1.44	0.75	0.5	0.43
EIV	0.33	0.58	0.83	0.48	0.48

#### Caudal

	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	0.16	0.99	0.24	0.31	0.36
EII	0.21	0.41	0.84	0.38	0.52
EIII	0.18	0.75	0.34	0.36	0.18
EIV	0.19	0.36	0.65	0.39	0.15

#### Temperratura en °C

##### ESTACIONE

	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	16	12.6	13	15	15
EII	15.2	12.3	14	16	15
EIII	13.4	12.4	13	16	15
EIV	14	11.5	14	15	13

#### pH

##### ESTACIONE

	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	8.2	6.7	6.9	8.1	8.2
EII	8.2	7.2	7.3	8.2	8.1
EIII	7.5	7.5	6.9	7.5	7.5
EIV	7	6.4	6.4	7	7

#### Conductividad

##### ESTACIONE

	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	48	33.6	45	47	45
EII	47.2	40	47.3	46	45
EIII	45.4	30	45	46	45
EIV	44	19	45.5	47	43

#### Amonio



**ESTACIONE**

S	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
EI	1	0.2	0.2	0.4	0.2
EII	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2
EIII	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2
EIV	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2

**Nitrato**

ESTACIONE	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	25	1	1	1	0.5
EII	25	1	0.5	1	0.5
EIII	25	0.2	0.5	1	0.5
EIV	25	0.2	0.3	0.5	1

**O<sub>2</sub> Disuelto en mg/l<sup>-1</sup>**

ESTACIONE	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	6	6.1	8	6.1	6
EII	6.1	6.2	8.2	6.2	6.1
EIII	6.4	6.5	8.5	6.4	6.3
EIV	6.7	6.8	8.5	6.7	6.6

**% de saturación de O<sub>2</sub>**

ESTACIONE	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV
S					
EI	82	78	100	82	81
EII	82	80	102	82	82
EIII	82	81	96	82	85
EIV	92	88	107	82	90

**Anexo 4. INSF**

**ESTACIONES**

PARÁMETRO      MedEI      MedEII      MedEIII      MedEIV      QEI      QEII      QEIII



Temperatura	14,32	14,5	13,96	13,5	69	67	70,5
pH	7,62	7,8	7,38	6,76	87	85	90
% de saturación							
de O <sub>2</sub>	84,6	85,6	85,2	91,8	67	69	68
Conductividad	43,72	45,1	42,28	39,7	90	90	90
NH <sub>4</sub>	0,4	0,28	0,28	0,3	50	52	52
NO <sub>3</sub>	5,7	5,6	5,44	5,4	40	41	42
PO <sub>4</sub>	0,75	0,6	0,44	0,66	60	62	63

PARÁMETRO	EI	EII	EIII	EIV
Temperatura	7,59	7,37	7,75	7,92
pH	11,31	11,05	11,7	11,05
% de saturación				
de O <sub>2</sub>	12,73	13,11	12,92	15,2
Conductividad	13,5	13,5	13,5	13,5
NH <sub>4</sub>	7	7,28	7,28	7,14
NO <sub>3</sub>	5,6	5,74	5,88	5,88
PO <sub>4</sub>	13,5	13,5	13,5	13,5

Puntaje	Total			
<b>INSF</b>	71,23	71,55	72,53	74,19
Calidad del agua	Buena	Buena	Buena	Buena

## ÉPOCAS

	XMAY	XJUN	XAGOS	XSEP	XNOV	MAY	JUN
Temperatura	14,65	12,2	13,5	15,5	14,5	68	80
pH	7,72	6,95	6,87	7,7	7,7	86	87
% de saturación							
de O <sub>2</sub>	84,5	81,75	104	101,25	86,75	84,5	68
							71



Conductividad	46,15	30,65	45,7	46,5	44,5	88	90
NH <sub>4</sub>	0,62	0,2	0,2	0,35	0,2	48	52
NO <sub>3</sub>	25	0,6	0,57	0,87	0,62	35	61
PO <sub>4</sub>	0,75	0,47	0,61	1	0,22	60	63
	MAY	JUN	AGOS	SEP	NOV		
Temperatura	7,48	8,8	7,92	6,71	7,37		
pH	11,18	11,31	11,18	11,18	11,18		
% de saturación de O <sub>2</sub>	12,92	13,49	11,4	12,73	12,92		
Conductividad	13,2	13,5	13,5	13,05	13,5		
NH <sub>4</sub>	6,72	7,28	7,28	7,14	7,14		
NO <sub>3</sub>	4,9	8,54	8,68	8,4	8,54		
PO <sub>4</sub>	8,4	8,82	8,68	7,7	8,96		
<b>Puntaje Total</b>							
<b>INSF</b>	64,8	71,74	68,64	66,91	69,61		
Calidad del agua	Regular	Buena	Regular	Regular	Regular		

### Anexo 5. Cultivos entre estaciones III y IV

Fotografías 14 y 15. Cultivos de curuba entre estaciones III y IV





Fuente: El autor.

### Anexo 6. Trabajo con comunidad

Fotografía 16. Trabajo con comunidad y autoridades municipales en el Plan de Desarrollo –Turmequé (2016-2020)



Fuente: El autor.