

**INCIDENCIA DE LAS FLUCTUACIONES ESTACIONALES DE LA QUEBRADA
INTERMITENTE POTRERILLOS SOBRE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN
DE LA COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.**

SANDRA YOLIMA CABRERA ZÚÑIGA.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2009**

**INCIDENCIA DE LAS FLUCTUACIONES ESTACIONALES DE LA QUEBRADA
INTERMITENTE POTRERILLOS SOBRE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN
DE LA COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.**

SANDRA YOLIMA CABRERA ZÚÑIGA.

Trabajo de Grado para optar al Título de Bióloga

**Director
M.S.c. Hildier Zamora González.
Jefe Departamento de Biología**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2009**

Nota de aceptación:

Director: _____
M.Sc. Hildier Zamora González

Jurado: _____
Esp. Giovanni Varona Balcazar

Jurado: _____
Biol. Jhan Alejandro Sandoval

Fecha de sustentación: Popayán, Noviembre 19 de 2009

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haber permitido la realización de esta meta tan importante para mi realización personal.

A mis padres Servio Tulio Cabrera y Dora Elisa Zúñiga quienes con su paciencia y cariño siempre me brindaron el apoyo necesario para el logro de este objetivo

A mi esposo y fiel compañero por todo su amor y comprensión, a mi hijo Juan José porque desde el principio nunca fue un obstáculo si no una fuente de inspiración para la elaboración y culminación de este trabajo.

A mis hermanas Yudi Patricia Cabrera y Ximena Elisa Cabrera por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional.

A mi gran amigo Julián Andrés Dorado por toda su paciencia y colaboración en el desarrollo y terminación de este trabajo además de sus grandes aportes, y a Doña Magola por toda su atención y aprecio para conmigo.

A mis compañeros, especialmente a Oscar Jiménez por su compañía en todos los muestreos que realizamos y por todos los momentos que pasamos.

A mi director Hildier Zamora, mis jurados Giovanni Varona y Jhan Alejandro Sandoval por sus grandes aportes en este proceso y a todos mis profesores que de una u otra forma tuvieron participación en mi formación profesional.

RESUMEN

Los Tricópteros (Trichoptera) son un grupo de insectos acuáticos muy sensibles a cambios ambientales por lo cual reflejan las características biológicas de este medio. Es sabido que la alternancia de los periodos de lluvia y sequía y los consecuentes cambios en el volumen del caudal, ocasionan diversos efectos en los componentes bióticos, que se manifiestan en la estructura y organización de la comunidad (Likens, 1999). Con el fin de determinar si las fluctuaciones estacionales de la Quebrada Intermittente Potrerillos inciden sobre la estructura y composición de la comunidad de tricópteros, se realizó un estudio durante los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre, diciembre y enero de los años 2008 y 2009, en dos zonas de la Quebrada Potrerillos: tomando una parte alta (sitio 1) conocida como La Zeta y una parte baja (sitio 2) como Potrerillos. La colecta se realizó mediante una red de pantalla y la remoción de sustratos manualmente. También se efectuó simultáneamente un análisis fisicoquímico basado en los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos. Se registraron 4 familias (Hydropsychidae, Glossosomatidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae) y 5 géneros (*Leptonema*, *Smicridea*, *Mortoniella*, *Atopsyche*, *Chimarra*) en la zona 1 (La Zeta) mientras que en la zona 2 (Potrerillos) se identificaron 3 familias (Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae) y 4 géneros (*Leptonema*, *Smicridea*, *Atopsyche*, *Chimarra*), siendo *leptonema* el género más abundante para ambas zonas y durante todas las épocas de muestreo. Los índices de diversidad alfa fueron similares en las dos zonas durante todos los meses de estudio, mientras que los de diversidad beta variaron según las épocas. Además, se encontró que las variables fisicoquímicas influyeron en la diversidad de la comunidad de tricópteros. Finalmente se descubrió que las variables fisicoquímicas y la comunidad de Tricópteros respondieron a los cambios estacionales de la Quebrada.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	12
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo General	14
3.2. Objetivos Específicos	14
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1. RÍOS TEMPORALES O INTERMITENTES.....	15
4.2. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES (MAE)...	16
4.3. DIVERSIDAD, DOMINANCIA Y EQUITATIVIDAD.....	18
4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS... 18	
4.4.1. Temperatura	19
4.4.2. pH	19
4.4.3. Conductividad	19
4.4.4. Oxígeno Disuelto	20
4.4.5. Dureza Total.	20
4.4.6. Nitrógeno, Nitritos y Nitratos	20
4.4.7. Dióxido de Carbono.	21
4.4.8. Alcalinidad Total.	22
4.4.9. Acidez.	22
5. AREA DE ESTUDIO	23
5.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-AMBIENTALES.....	23
5.2 DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE MUESTREO	23
5.2.1 Zona 1.....	23
5.2.2 Zona 2.....	25
6. METODOLOGÍA	27
6.1. MUESTREO.....	27
6.2. COLECTA.....	27
6.3. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.....	27
6.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.....	28
6.5. ANALISIS DE RESULTADOS	29
6.5.1. VARIACIÓN ESTRUCTURAL EN COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.29	
6.5.2. INCIDENCIA ESTACIONAL SOBRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS.33	
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	35
7.1. COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.	35
7.1.1. TRICÓPTEROS: ZONA 1 (La Zeta).....	38
7.1.2. TRICÓPTEROS: ZONA 2 (Potrerillos).....	39
7.2. VARIACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS. 41	
7.2.1. ANÁLISIS TEMPORAL	41
7.2.2. ANÁLISIS ESPACIAL	43

7.2.3. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL.....	44
7.3. INCIDENCIA ESTACIONAL SOBRE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS.	45
7.3.1. Precipitación y Brillo Solar	46
7.3.2. Ancho activo (m).....	48
7.3.3. Caudal (Q)	49
7.3.4. T° Ambiental (°C):	50
7.3.5. T° Hídrica:.....	51
7.3.6. Conductividad umhos/cm ² :	52
7.3.7. Oxígeno mg/L	53
7.3.8. Porcentaje de Saturación De Oxígeno.....	54
7.3.9. CO ₂ mg/L, pH y Alcalinidad Total mg/L.....	55
7.3.10. Acidez mg/L	58
7.3.11. Calcio mg/L, Dureza Total mg/L y Dureza Carbonacea mg/L.....	59
7.3.12. Nitratos mg/L	62
7.3.13. Variación variables fisicoquímicas a través de las épocas. Dubbois. .	63
7.4. Comparación Fisicoquímica Y Diversidad De Tricópteros.....	65
7.4.1. Ancho activo (m) y Caudal m ³ /s y Diversidad de Tricópteros	65
7.4.2. T° Ambiental e Hídrica y Diversidad de Tricópteros.....	66
7.4.3. Conductividad umhos/cm ² y Diversidad de Tricópteros	68
7.4.4. Oxígeno mg/L y Diversidad de Tricópteros.....	69
7.4.5. Calcio mg/L, Dureza Total mg/L, Dureza Ca. mg/L y Div. Tricópteros.	70
7.4.6. Acidez mg/L y Diversidad de Tricópteros.....	72
7.4.7. CO ₂ mg/L, pH y Alcalinidad mg/L y Diversidad de Tricópteros	73
7.4.8. Nitratos mg/L y Diversidad de Tricópteros	75
8. CONCLUSIONES	76
9. RECOMENDACIONES	79
10. BIBLIOGRAFÍA	80

TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación del Tipo de Dureza para Diferentes Tipos de Propósito	20
Tabla 2. No de Individuos de Tricópteros. Zona 1. La Zeta.	35
Tabla 3. No de Individuos de Tricópteros. Zona 2. Potrerillos.	35
Tabla 4. Índices Basados en la Diversidad Alfa: La Zeta y Potrerillos	42
Tabla 5. Índices Basados en la Diversidad β Durante las Épocas de muestreo	43
Tabla 6. Análisis Factorial Univariante.	45
Tabla 7. Datos Físicoquímicos de los Meses de Muestreo en Ambas Zonas.	46
Tabla 8. Índice de Dubbois: Estabilidad de las Variables Físico-químicas	64

FIGURAS

Pág.

Figura 1. Quebrada Potrerillos, Zona Conocida como La Zeta	24
Figura 2. Quebrada Potrerillos, Zona Conocida como Potrerillos	25
Figura 3. Área de Estudio. Tomado de Longo (2007).	26
Figura 4. Quebrada Potrerillos, Zona 1. A. Épocas de Sequía y b. Lluvias	39
Figura 5. Quebrada Potrerillos, Zona 2. A. Época de Sequía y b. Lluvias	41
Figura 6. Comparación Índice de Sorensen vs. Brillo Solar / Precipitación.	44
Figura 7. Valor Total Mensual de Precipitación, Brillo Solar y su Relación.....	48
Figura 8. Cambios Temporales de Variaciones del Ancho Activo de Zonas 1 y 2.	49
Figura 9. Cambios Temporales de la Variación del Caudal en las Zonas 1 y 2.....	50
Figura 10. Cambios Temporales de la Temperatura Ambiental de la Zona 1 y 2..	51
Figura 11. Cambios Temporales de la Temperatura Hídrica de las zonas 1 y 2....	52
Figura 12. Cambios Temporales de la Conductividad de las Zonas 1 y 2	53
Figura 13. Cambios Temporales de Concentracion de Oxigeno en Zonas 1 y 2..	54
Figura 14. Cambios Temporales del % Saturación de Oxigeno en la Zona 1 y 2..	55
Figura 15. Cambios Temporales de la Concentración de CO ₂ de la Zona 1 y 2....	56
Figura 16. Cambios Temporales de pH de las Zonas 1 y 2	57
Figura 17. Cambios Temporales de Concentración de Alcalinidad Zonas 1 y 2....	58
Figura 18. Cambios Temporales de Concentracion de Acidez en la Zonas 1 y 2..	59
Figura 19. Cambios en las Concentraciones de Calcio de las Zonas 1 y 2	60
Figura 20. Cambios Temporales de Concentración de Dureza Total Zona 1 y 2 ..	61
Figura 21. Cambios Temporales de Concentracion de Dureza ca. de Zona 1 y 2.	62
Figura 22. Cambios Temporales de Concentracion de Nitratos en Zonas 1 y 2....	63
Figura 23. Comparación Índice de Dubbois vs. Brillo Solar / Precipitación.....	64
Figura 24. Comparación Ancho Activo del Cauce y Diversidad de Tricópteros	65
Figura 25. Comparación Valores de Caudal y la Diversidad de Tricópteros	66
Figura 26. Comparación Temperatura Ambiental y la Diversidad de Tricópteros..	67
Figura 27. Comparación Temperatura Hídrica y la Diversidad de Tricópteros	67
Figura 28. Comparación de la Conductividad y la diversidad de tricópteros	68
Figura 29. Comparación Concentración de Oxigeno y Diversidad de Tricópteros	69
Figura 30. Comparación % de Saturación Oxigeno y diversidad de Tricópteros ..	70
Figura 31. Comparación Concentración de Calcio y Diversidad de Tricópteros	71
Figura 32. Comparación de Dureza Total y la Diversidad de Tricópteros.....	71
Figura 33. Comparación de Dureza Carbonácea y la Diversidad de Tricópteros ..	72
Figura 34. Comparación de Acidez y la Diversidad de Tricópteros.....	72
Figura 35. Comparación de Concentración de CO ₂ y Diversidad de Tricópteros .	73
Figura 36. Comparación de los Datos de pH y Diversidad de Tricópteros.....	74
Figura 37. Comparación de Datos de Alcalinidad y Diversidad de Tricópteros	74
Figura 38. Comparación de Nitratos y la Diversidad de Tricópteros	75

1. INTRODUCCIÓN

Los Tricópteros están distribuidos en todo el mundo a excepción de la región antártica. Se conocen 40 familias y se han descrito cerca de 10.000 especies (Morse, 1997), pero se estima que la fauna mundial puede tener alrededor de 50.000 especies (Holzenthal y Blahnick, 2001). Hasta el presente están registradas para Colombia un total de trece familias, 45 géneros y 210 especies válidas (incluyendo una subespecie) donde sólo el diez por ciento de estos registros están publicados en diferentes revistas científicas (Muñoz-Quesada, 2000).

Desde el punto de vista longitudinal, Vannote *et al*, (1980) plantean el concepto de río continuo, en el que la biodiversidad, la distribución de los organismos y sus relaciones tróficas varían en función de los cambios físicos y químicos del agua y del entorno ambiental que ocurren a lo largo del lecho fluvial. Los cambios geomorfológicos sucesivos van siendo acompañados de cambios físico-químicos del agua, lo que trae como consecuencia el establecimiento de comunidades específicas adaptadas a cada hábitat particular.

Los ecosistemas intermitentes se han caracterizado por poseer alternancia de épocas húmedas y secas donde el agua superficial puede subsistir durante meses, incluso años (Boulton y Brock, 1999). En los ecosistema intermitentes se perjudican las uniones verticales entre los habitas de la superficie y los del agua subterránea, y las uniones laterales con las planicies de inundación y las zonas riparias, con lo cual, para poder sobrevivir los organismos responden de manera simultánea con adaptaciones fisiológicas, morfológicas, etológicas y con la sincronización de sus ciclos de vida asociados a los regímenes hidrológicos.

Las comunidades de los organismos acuáticos dependen no solo de las características geomorfológicas de los lechos fluviales y de las condiciones climatológicas, sino también de las características físicas y químicas de los cuerpos de agua. Estas características varían según el tipo de ecosistema, la posición geográfica, el piso altitudinal, zona de vida, tipo de fuente naturaleza geoquímica del sustrato aspectos geológicos y geomorfológicos, etc. (Vázquez, 1992).

Se analizó como las fluctuaciones estacionales que generan la intermitencia en la Quebrada Potrerillos, teniendo en cuenta la variación de las características fisicoquímicas, produjeron cambios en la composición y en la estructura de la comunidad de Tricópteros. Con la finalidad de aportar información sobre como las variaciones climáticas de los ríos intermitentes, afectan a las comunidades bióticas que en ellos se encuentran.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país muy rico hídricamente, sin embargo la cantidad y/o calidad del recurso se altera significativamente con la alternancia climática, es decir en unas épocas se presentan inundaciones sin control y en otras sequías sin posibilidad de atender el abastecimiento. En el valle del Patía, se presentan condiciones climatológicas tales que influyen o determinan la existencia de sistemas acuáticos de tipo intermitente. La Quebrada Potrerillos, es afluente importante del Río Patía, Por su ubicación presenta serias fluctuaciones en el flujo de la corriente. Estos cambios marcados en las condiciones climáticas hacen que la Quebrada Potrerillos presente una intermitencia en gran parte de su recorrido durante determinadas épocas del año.

Aún son escasos los estudios que analizan las características fisicoquímicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos continentales con dinámicas hidrológicas complejas, como es el caso de los ríos espacial y/o temporalmente intermitentes. De forma general, en estos trabajos se marca la temporalidad como el carácter que mejor explica la variación de los parámetros físicos, químicos y/o biológicos analizados (Comin y Williams, 1994). Es necesario trabajar sobre los aspectos relacionados con los procesos ecológicos que caracterizan los ríos en zonas áridas, ya que la intermitencia y la temporalidad de estos ríos será previsiblemente mayor cada día y también la necesidad de conocer su funcionamiento (Vidal *et al*, 2000).

La estructura de las comunidades de quebradas intermitentes presenta cambios marcados en respuesta a la variación en el régimen físico químico (Boulton y Lake 1992). La variabilidad inherente de las quebradas intermitentes provee una oportunidad para examinar los efectos de las variaciones ambientales en los

aspectos de la función y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados. En los ambientes acuáticos, especialmente ríos y quebradas, los Tricópteros desempeñan un papel importante, tanto en las redes tróficas, como en el reciclaje de nutrientes. Sin embargo, poco se ha estudiado sobre cómo responde la estructura de esta comunidad a las variaciones ambientales en las quebradas intermitentes.

El objetivo de este trabajo fue observar si las fluctuaciones estacionales que generan la intermitencia en la Quebrada Potrerillos, producen cambios en la composición y en la estructura de la comunidad de Tricópteros, para ello se consideró que las épocas que presenten mayor variabilidad tendrán cambios más importantes. Además se tuvo en cuenta la variación de las principales características fisicoquímicas, con el fin de observar cuales pueden estar afectando en mayor medida a la comunidad. Esto con el fin de aportar información sobre como las implicaciones climáticas de los ríos intermitentes afectan las comunidades bióticas en que ellos se encuentran, y motivar la realización de estudios ecológicos cuya finalidad sea monitorear las consecuencias de la alternancia climática sobre nuestros ríos colombianos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- ❖ Estudiar la Incidencia de las fluctuaciones estacionales de la quebrada intermitente Potrerillos sobre la estructura y composición de la comunidad de Tricópteros.

3.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar la variación en riqueza, abundancia y diversidad de Tricópteros en relación con la intermitencia espacio-temporal de la Quebrada Potrerillos.
- ❖ Caracterizar las variaciones espacio-temporales de los principales parámetros fisicoquímicos determinados por las fluctuaciones estacionales de la Quebrada Potrerillos.
- ❖ Relacionar la variación de la composición y estructura de la comunidad de Tricópteros con los cambios de los principales parámetros fisicoquímicos de la Quebrada Potrerillos.

4. MARCO TEÓRICO

Son pocos los trabajos acerca de las implicaciones ecológicas que afectan las comunidades de macroinvertebrados en los ríos intermitentes temporales y/o espaciales en el mundo, se pueden señalar los trabajos de Pires et al (2000), Muñoz (2003) como ejemplos de ellos. En Colombia el número de trabajos es bastante reducido, sin embargo cabe destacar los logros de Longo (2007) sobre macroinvertebrados bentónicos en la Quebrada Potrerillos. En lo que concierne a trabajos que se desarrollen específicamente sobre las comunidades de Tricópteros, no se encontraron artículos para nuestro país ni el globo.

4.1. RÍOS TEMPORALES O INTERMITENTES.

El régimen Pluviométrico define el periodo y el volumen de agua que un río llevará en su cauce. Esto es de gran importancia pues de él depende la disponibilidad de agua, sustratos y nutrientes a lo largo del tiempo, tanto para las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, como para la vegetación riparia (Consejería del medio ambiente. Junta de Andalucía, 2005).

Los ríos temporales se caracterizan por permanecer secos en el verano todos los años, aunque pueden existir pozos con agua y/o flujos intermitentes. La duración del periodo seco en todo caso es inferior a 6 meses. El flujo discontinuo se origina por la existencia de pequeños caudales de circulación subterránea que afloran en superficie cuando el sustrato es impermeable. Los ecosistemas hídricos colombianos son de gran variedad en sus componentes y comportamientos; por ejemplo los ríos de tipo intermitente, se caracterizan por tener “niveles de agua negativos”, debido a condiciones climáticas estresantes tales como escasas precipitaciones, que a su vez son muy variables en el espacio y en el tiempo, la

alta radiación solar, entre otras; esto conlleva a una extrema variabilidad en los componentes abióticos y bióticos (Likens, 1999).

4.2. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES (MAE)

El término macroinvertebrado acuático, incluye a aquellos animales invertebrados, que por su tamaño relativamente grande (Se pueden ver a simple vista), son retenidos por redes con ojo de malla de entre 250 y 500 μm , la gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvianas son las más abundantes (Alba-Tercedor, 1996).

Orden Trichoptera

Los Tricópteros pertenecen a los órdenes de insectos primeramente acuáticos, lo que quiere decir que la totalidad de sus especies dependen del medio acuático para su desarrollo. Las larvas viven en diversos ambientes acuáticos y la gran mayoría de las especies habita en ríos y quebradas de aguas limpias y bien oxigenadas. Con ayuda de una seda que producen en una glándula bucal, construyen refugios y estuches o casitas portátiles, los cuales les sirven de camuflaje y protección. En algunas familias, la seda es utilizada para construir pequeñas redes de captura, ya sea para capturar presas o bien para filtrar del agua la materia orgánica en suspensión. Esta utilización de seda hace posible que existe una extraordinaria diversidad ecológica entre las especies de Tricópteros (Mackay y Wiggins 1979).

En los ambientes acuáticos, especialmente ríos y quebradas, los Tricópteros desempeñan un papel importante, tanto en las cadenas alimenticias, como en el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas

poseen distintos rangos de tolerancias, según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de la calidad de agua y la salud del ecosistema (Springer, 2006). La mayoría de los Tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas (Roldan, 1996)

Presentan metamorfosis completa (holometábolos), a diferencia de solo unas especies todos sus estadios inmaduros (huevo, larva y pupa) son acuáticos y se encuentran en ríos, riachuelos, cascadas y lagos, el ciclo de vida dura cerca de un año en las zonas templadas (Wiggins, 1977), pero en el neotrópico se cree que debe ser más corto (Quintero & Rojas 1987). Los adultos viven poco menos de 30 días y pueden tener una o dos generaciones por año (Wiggins, 1984). Su emergencia en el geotrópico parece estar relacionada con las épocas de lluvia (Flint *et al*, 1999), se considera el orden más importante de insectos acuáticos por la diversidad, abundancia y distribución biogeográfica de sus especies. Las etapas inmaduras de Trichoptera son sensibles a la contaminación y degradación del hábitat y por tal motivo, son usadas como bioindicadoras de calidad de aguas (Merrit & Cummins 1996).

Los tricópteros se dividen en tres subordenes: Annulipalpia, Integripalpia y Sicipalpia (Wiggins & Wichard, 1989). En el suborden Annulipalpia las larvas emplean seda para la construcción de redes y refugios fijos a piedras y palos, frecuentemente portando una trampa de filtración para la captura de alimento como algas, detritos y macroinvertebrados (Psychomiidae, Hidropsychidae, Xiphocentronidae y Policentropodidae). En el suborden Spicipalpia las larvas son de vida libre o construyen casas portátiles en forma de conchas o bolsas, ellas pupan dentro de un capullo completamente encerrado; las de vida libre (Rhiacophilydae e Hydrobiosidae) son depredadores de otros artrópodos; aquellos que construyen casa son en su mayoría herbívoros y se alimentan de perifiton (Glossosomatidae, Hidrobiosidae e Hydroptilidae). En los Integripalpia todas las larvas construyen casa tubulares con material vegetal o mineral, estas difieren en forma y tamaño; la mayoría son herbívoros o detritívoros y algunas familias son omnívoras o depredadoras (Calamoceratidae, Odontoceridae, Helicopsychidae y Leptoceridae).

4.3. DIVERSIDAD, DOMINANCIA Y EQUITATIVIDAD.

La riqueza se define como el número de taxa que tipifican a una localidad, región ó parcela. Abundancia se refiere al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad. Se habla de diversidad cuando se incorpora algún valor de abundancia y se divide en: ALFA dirigida al área ó sitio (heterogeneidad biológica de un sitio); BETA que se relaciona con la comparación de dos localidades ó zonas con base en su composición (heterogeneidad de hábitats) y GAMA cuando se comparan las diversidades ALFA Y BETA (Rangel, 1997).

El concepto de dominancia guarda relación inversa con el de diversidad: al mismo número de especies (riqueza o diversidad alfa) cuanto mayor sea la dominancia de una o varias especies, menor será la diversidad beta. La equitatividad representa la uniformidad en la importancia relativa de las especies, calculado mediante la relación entre la diversidad y la riqueza; varía entre 0 (sin uniformidad) y 1 (máxima uniformidad, donde todas las especies están igualmente representadas) (Moreno, 2001).

4.4. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS.

La presencia y el normal desarrollo de los organismos acuáticos en general dependen en gran medida no solo de las características geomorfológicas de los lechos fluviales y de las condiciones climatológicas, sino también de las características físicas y químicas de los cuerpos de agua.

Entre los principales parámetros físicos y químicos de los ecosistemas acuáticos se tiene:

4.4.1. Temperatura

La temperatura influye no solamente en forma directa sobre los organismos acuáticos, sino también rige a otros parámetros tales como: evaporación, solubilidad de los gases, actividad de los organismos descomponedores del fondo, que transforman la materia orgánica en sustancias inorgánicas nutritivas (Vásquez, 1992).

4.4.2. pH

El pH del agua representa su Acidez o su Alcalinidad cuyo factor más importante es habitualmente la concentración de anhídrido carbónico debido a la mineralización. La mayoría de los ecosistemas acuáticos tiene un pH que oscila entre 5 y 9, muy pocas especies pueden crecer a pH inferior a 2 o superiores a 10.

La medición del pH se hace colorimétricamente mediante una escala, o electrónicamente, mediante un potenciómetro (pH-metro) (Vásquez, 1992).

4.4.3. Conductividad

La conductividad es una de las mejores medidas de la riqueza del agua y está dada por los iones disueltos en ella. Se mide mediante el conductímetro. Está relacionada con la salinidad que en aguas continentales corresponde a la concentración de todos los iones disueltos, los mismos que determinan la presión osmótica del agua a la que deben adaptarse las diferentes especies acuáticas (Vásquez, 1992).

4.4.4. Oxígeno Disuelto

En el agua la concentración de oxígeno disuelto está cambiando constantemente por causa de procesos biológicos, físicos y químicos. Como los cuerpos de aguas naturales no están nunca completamente quietos, la transferencia de oxígeno es regulada por la cantidad de turbulencia que incrementa el área de la interfase aire-agua. Las variaciones del contenido de oxígeno son importantes ya que tiene tendencia a disminuir con la profundidad y los problemas anaerobios pueden desarrollarse en el fondo (Vásquez, 1992).

4.4.5. Dureza Total.

Este parámetro está asociado con la presencia de iones Calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}), que son los cationes más abundantes en las aguas continentales y se combinan principalmente con bicarbonatos y carbonatos, señalando la dureza temporal; o con sulfatos y cloruros dando la dureza permanente. La suma de los dos corresponde entonces a la dureza total (Vásquez, 1992).

Tabla 1. Clasificación del tipo de dureza para diferentes tipos de propósito según Sawyer & McCarty (1967).

Propósito Sanitario	Clasificación	Propósito Acuícola
0 – 75 mg CaCO_3 / L	Blanda	0 – 25 mg CaCO_3 / L
75 – 150 mg CaCO_3 / L	Semi dura	25 – 50 mg CaCO_3 / L
150 – 300 mg CaCO_3 / L	Dura	50 – 75 mg CaCO_3 / L
> 300 mg CaCO_3 / L	Muy dura	> 75 mg CaCO_3 / L

4.4.6. Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

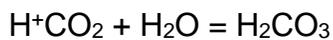
El nitrógeno es un elemento importante para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de oxígeno. Las descargas de aguas ricas en nitrógeno pueden

causar problemas de eutrofización y nitrificación con la consecuente concentración de nitratos (Vásquez, 1992).

4.4.7. Dióxido de Carbono.

El dióxido de carbono es un constituyente menor de la atmósfera (0.032%) y es altamente soluble en agua, comportándose como un ácido tal como se observa en la siguiente ecuación:

H^+



HCO_3^-

El CO_2 al asociarse con el agua: $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$, forma ácido carbónico que rápidamente se disocia en iones H^+ y HCO_3^- . Se espera en consecuencia, que a mayor concentración de dióxido de carbono el pH sea menor.

El agua pura, saturada con CO_2 a $25^\circ C$ y a presión atmosférica estándar tiene una concentración total de 0,46 mg/L y teóricamente tendrá un pH de 5,68. A mayor concentración de dióxido de carbono el pH será menor, así, si la concentración es 30mg/L a $25^\circ C$, el pH será aproximadamente 4,8.

El dióxido de carbono del agua usualmente es una función de la actividad biológica. La respiración es un proceso más rápido que la fotosíntesis y el dióxido de carbono se acumula. Durante la madrugada el agua está saturada de dióxido de carbono (Vásquez, 1992).

4.4.8. Alcalinidad Total.

La alcalinidad es una medida de la concentración de iones carbonato y bicarbonato en el agua y se expresa en miligramos por litro de carbonato de calcio equivalente. La presencia de los iones le confieren al agua una capacidad amortiguadora del pH, y, en consecuencia a mayor concentración de carbonato y bicarbonato el pH del agua se mantendrá más estable en valores altos. Al contrario la baja alcalinidad facilita los cambios del pH en un perfil de 24 horas (Vásquez, 1992).

4.4.9. Acidez.

Una acidez creciente produce cambios drásticos y fatales para la mayoría de las especies y disminuye considerablemente la productividad primaria. Bajo condiciones ácidas desaparecen la mayoría de los invertebrados acuáticos y se produce un cambio de bacterias a poblaciones de hongos, disminuyéndose la composición de celulosa y la concentración de oxígeno.

5. AREA DE ESTUDIO

La Quebrada Potrerillos, pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Patía, ubicada en el Corregimiento Patía, Municipio de El Bordo al sur del Departamento del Cauca.

5.1. CARACTERISTICAS FISICO-AMBIENTALES

La temperatura media anual es de 28.1 °C, con máximas absolutas de 38.5 °C en los meses de Julio a Septiembre, siendo agosto el mes que registran los valores más altos de temperatura. Las temperaturas medias oscilan entre 25 y 27 °C y las mínimas entre 15 a 19 ° C. El régimen anual de lluvias es bimodal, con un periodo lluvioso que va de octubre a diciembre y de marzo a mayo, siendo el mes más lluvioso noviembre con un promedio de 290mm. El periodo seco corresponde a los meses de junio a septiembre, temporada en la cual el cauce se seca completamente, siendo Julio el mes menos lluvioso con 43mm (IDEAM, 2006).

Las dos zonas de estudio, se encuentra en la parte norte del valle geográfico del Río Patía. La zona de vida es de transición entre bosque húmedo - Premontano (bh-PM) y bosque seco – Basal Tropical (bs-BT) (Holdridge, 1978). El clima es cálido subhúmedo a seco.

5.2 DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE MUESTREO

5.2.1 Zona 1.

Se ubica a 2° 07' 47,7" N y 77° 00' 41.8" W, a 700 msnm en la parte alta del cauce. Es conocida como Quebrada San Pedro ya que en este punto la quebrada

pasa por la vereda del mismo nombre. El margen del cauce fluvial está cubierto por un bosque de ribera en donde predominan especies arbóreas que ofrecen aproximadamente el 85% de cobertura vegetal y un gran aporte de hojarasca, también se encuentran plantas herbáceas consideradas como la principal vegetación ribereña y que es utilizada como hábitat y refugio de muchas especies de macroinvertebrados acuáticos.

El sustrato de la quebrada está compuesto por rocas de mediano tamaño, principalmente por cantos rodados y guijarros, los cuales son un buen sustrato de adherencia para el perifiton, además de gravas, arenas y hojarasca. Las actividades antrópicas relacionadas con la quebrada incluyen: bebederos para ganado y derivación de agua para uso doméstico y agrícola (Frutas principalmente) (Longo, 2007), (**Figura 1**).



Figura 1. Quebrada Potrerillos, zona conocida como La Zeta (zona 1 del sitio de estudio, parte alta del cauce).

5.2.2 Zona 2.

Se localiza a 613 msnm, con coordenadas: 2° 6' 17.1" N y 77° 04' 13.6" O, hace parte del tramo final del cauce. Esta última zona se encuentra a 2 Km. aproximadamente de la desembocadura con el Río Patía. El paisaje es típico de un valle aluvial con plano de inundación de río meandrito. El margen izquierdo está cubierto parcialmente por un bosque de rivera, que aporta en promedio el 30% de sombra y poca hojarasca. En el margen derecho la vegetación ribereña consta de matorrales acompañado por un estrato herbáceo poco denso. El cauce corre junto a una carretera en algunos tramos y entre potreros en otros. El sustrato está conformado en su mayor proporción por cantos rodados y guijarros de mediano a pequeño tamaño, facilitando la proliferación de perifiton en ciertas épocas del año (**Figura 2**).



Figura 2. Quebrada Potrerillos zona conocida como Potrerillos (zona 2 del sitio de estudio, parte baja del cauce)

Las actividades antrópicas relacionadas son: la carretera, la extracción de arena, bebederos de ganado y porcinos, y la derivación de agua para cultivos de pancoger (Longo, 2007).

La ubicación de las zonas de estudio se puede ver en la **Figura 3**.

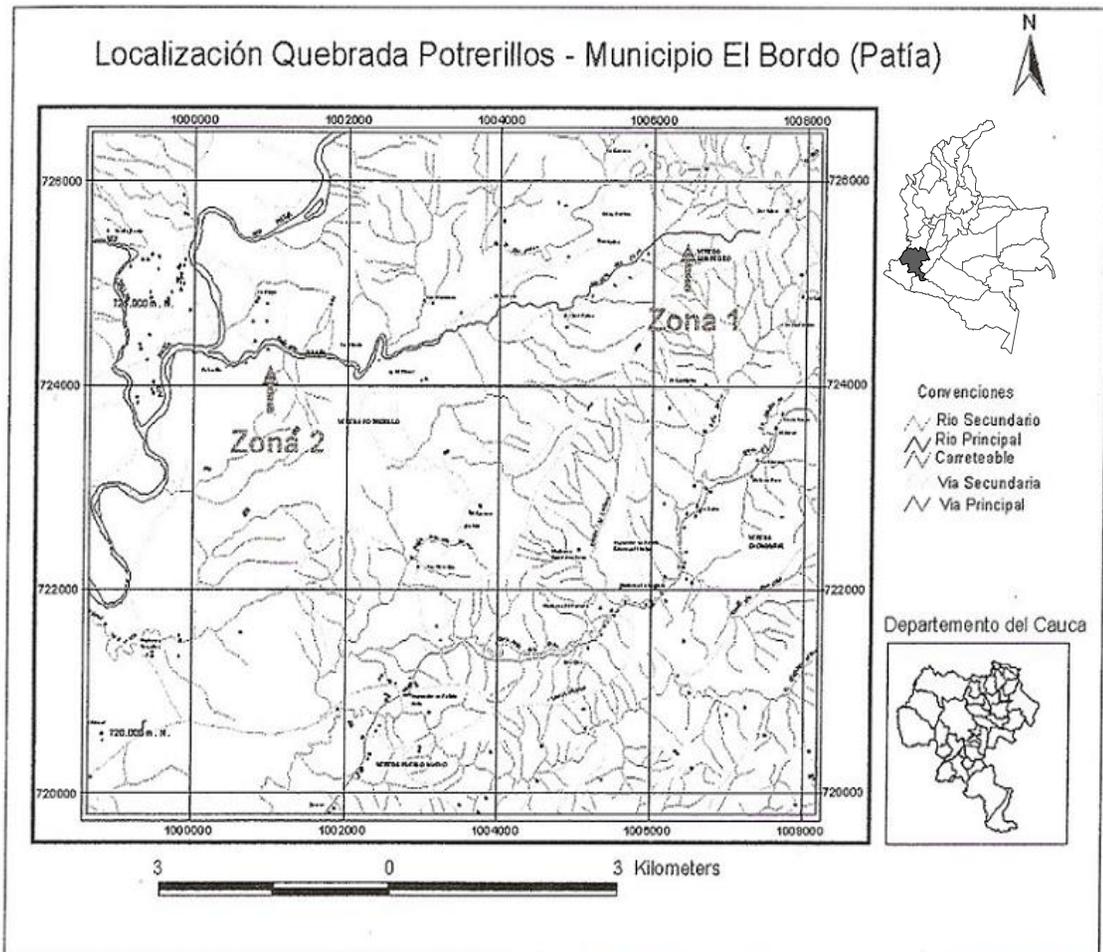


Figura 3. Área de estudio. Tomado de Longo (2007).

6. METODOLOGÍA

6.1. MUESTREO.

Se realizó un muestreo cada mes, durante los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre diciembre y enero abarcando épocas de sequía y lluvia de finales de año (IDEAM 2008), para cada una de las Zonas de estudio (Zona 1: La Zeta, Zona 2: Potrerillos)

6.2. COLECTA.

Los tricópteros se colectaron mediante una red de pantalla de 1 m² aproximadamente y un diámetro de ojo de malla de 1mm. Para lo cual se hizo una remoción de los sustratos presentes en la Quebrada. Posteriormente los individuos colectados se depositaron con la ayuda de pinzas en recipientes donde fueron fijados con alcohol al 90%, etiquetados con fecha y zona de muestreo. También se realizó una colecta manual sobre rocas y hojarasca.

6.3. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.

Las muestras se transportaron al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca. Se utilizaron claves y guías taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos, entre las que se encuentran Roldan (1996), Posada y Roldan (2003), especializada en larvas de tricópteros del nor-orientes Colombiano, y la guía para determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos por Fernández y Domínguez (2001).

6.4. ANÁLISIS FISCOQUÍMICO

Con las pruebas fisicoquímicas tomadas, se pretendió caracterizar la Quebrada objeto de estudio con el fin de realizar un análisis en el comportamiento abiótico del cauce durante los meses de estudio y compararlo con la comunidad de Tricópteros presentes en esta zona.

- ❖ **Parámetros Físicos:** Se registraron los valores de temperatura hídrica y ambiental utilizando el conductímetro YSI modelo 33 en cada zona de muestreo.
- ❖ **Parámetros Químicos:** Oxígeno (O₂), Porcentaje de saturación de oxígeno (%O₂), Gas carbónico (CO₂), Dureza total y carbonacea, Conductividad, Salinidad, Ph, Calcio, Nitratos, Alcalinidad, Amonio y Acidez. Estos datos se tomaron In situ con base en los métodos estándar colorimétricos y potenciométricos (Acuamark®).
- ❖ **Parámetros Hidrológicos:** Se midió el Ancho activo del cauce y caudal. Los valores de profundidad fueron tomados con una cinta métrica cada treinta centímetros en dirección transversal midiendo la sección transversal de lecho que fuera mayor. Los valores de velocidad se calcularon contabilizando los segundos en los que un objeto flotante recorría una distancia de 5 metros de referencia, según lo descrito por Hynes (1972). Para calcular el caudal se empleo la siguiente fórmula:

$$C = w d a l / t$$

Donde:

C = caudal

w = anchura del lecho

d = profundidad media del río

a = coeficiente que varía de 0,8 si el cauce es rugoso a 0,9 si el cauce es liso

l = distancia recorrida por el objeto flotante

t = tiempo recorrido por el objeto

6.5. ANALISIS DE RESULTADOS

6.5.1. VARIACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS

ANÁLISIS TEMPORAL.

Para evaluar la variación temporal de la comunidad de tricópteros se compararon entre las épocas de muestreo los valores de riqueza (numero de géneros colectados) y abundancia (número de individuos por genero). Además se tomaron los siguientes índices:

Se comparo la **diversidad α** de acuerdo al índice de **Shannon-Weaver (H')**, que está basado en la estructura de la comunidad.

Se utilizó la formula:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde el valor de **p_i** , es la proporción de individuos en la especie **i** . En una muestra el valor verdadero **p_i** , es estimado como **n_i / N** .

Los valores de este índice oscilan entre 0.0 y 5.0. Es importante destacar que en algunas ocasiones una baja diversidad no siempre es indicadora de contaminación o alteración pues en algunos casos es la carencia de nutrientes es el agua y no

algún tipo de alteración de origen antrópico lo que genera dicha condición, por lo que se recomienda la realización de otros tipos de análisis.

El rango del índice de diversidad se encuentra entre los 0.0 y 5.0 y se debe interpretar de la siguiente manera:

0.0 – 1.5 —→ Baja diversidad

1.6 – 3.0 —→ Media diversidad

3.1 – 5.0 —→ Alta diversidad

Equitatividad: Para determinar si la comunidad es equitativa en las diferentes épocas de muestreo, se utilizó el índice de **Equitatividad (J')** expresado como:

$$J' = \frac{H'}{H \max}$$

$$\text{Donde, } H \max = -S \left(\frac{1}{S} \log \frac{1}{S} \right) = \log S$$

S = Número de especies dentro de la comunidad.

Dominancia: Para observar la presencia y/o variación de especies dominantes a través de las épocas de muestreo. Se empleó el índice de **Simpson:**

$$D = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = Abundancia proporcional de la especie i, es decir el número de individuos de la especie i sobre el número total de individuos de la muestra.

ANÁLISIS ESPACIAL.

Se utilizaron algunos índices basados en la **diversidad** β . Estos índices expresan el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras. Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d = 1-s$ (Magurran, 2004). En este trabajo se utilizaron:

Índice de similitud de Jaccard.

Es un índice cualitativo y relaciona la cantidad de especies presentes en uno y otro sitio, con la cantidad de especies presentes en ambas zonas.

$$I_j = \frac{C}{a+b-c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios.

Índice de Bray Curtis.

Hace parte de los índices cuantitativos y relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total de las dos muestras (Moreno, 2001).

$$C_N = 1 - \frac{\sum |n_i - n_j|}{\sum (n_i + n_j)}$$

Donde:

n_i = número de individuos de cada especie en el sitio A

n_j = número de individuos de cada especie en el sitio B

Índice de Sorensen: Usado para el mismo objetivo que el índice de Jaccard pero tiene en cuenta la presencia o ausencia de las variables.

$$S_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Los resultados van de 0 a 1...donde 1 la similitud es del 100%.

Índice de similitud de Sorensen para datos cuantitativos. Similar al índice anterior pero toma en cuenta la abundancia de las especies.

$$I_{scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios (Magurran, 1988).

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL

Utilizando los datos de abundancia de especies, se realizó un análisis univariante factorial (Significancia: 95%), según las zonas, las épocas de muestreo y las especies. Esto con el fin de observar si determinadas zonas en determinadas épocas poseen mayores impactos sobre la comunidad de tricópteros.

6.5.2. INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS ESTACIONALES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.

Como los valores de las variables fisicoquímicas no son equiparables para una comparación los índices se estandarizaron mediante la siguiente fórmula:

$$VE = \frac{x - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

Donde:

VE = Valor estandarizado.

Max Y Min = Valores máximos y mínimos de cada variable.

x = Cada uno de los valores de cada variable.

Para determinar la época donde se presentó la mayor variación en los parámetros físicos y químicos, se aplicó el índice de estabilidad de **Dubois** (Guisande y col., 2006). La fórmula de Dubois es la siguiente:

$$D = \sum_{i=1} p_i \log_2 \frac{p_i}{p_{im}}$$

Donde:

s = Numero de variables.

P_i = Proporción relativa de la variable i a un tiempo específico

P_{im} = Estado de referencia, se calcula como la media de las proporciones relativas para la variables i durante el periodo de tiempo.

Los datos obtenidos en la toma de variables físico-químicas fueron tratados mediante el programa para análisis estadísticos SPSS v: 11,4 y se realizaron gráficos en Excel ® para analizar su comportamiento mensual, relacionando zonas y parámetros.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.

Las **Tablas 2 y 3** presentan los resultados obtenidos en los muestreos realizados en los seis meses de estudio. Se puede observar que el mes de agosto presento los registros más altos de Tricópteros en las dos zonas de muestreo. En la zona 1 (**LA ZETA**) se encontraron 372 individuos agrupados en 4 familias y 5 géneros, mientras que en la zona 2 (**POTRERILLOS**) se encontraron 489 individuos agrupados en 3 familias y 4 géneros. Siendo *Leptonema* el género más abundante en ambas zonas y durante todas las épocas de muestreo. Las fotos de cada uno de los géneros colectados se pueden ver en el **Anexo1**.

Tabla 2. No de individuos durante los meses de estudio para la comunidad de Tricópteros. Sitio 1. La zeta.

ZETA							
FAMILIA	GENERO	JUL	AGOS	SEP	NOV	DIC	ENE
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	16	166	67	11	10	15
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	8	23	11	7	6	5
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	8	0	0	0	0	0
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	6	0	0	0	0
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	9	0	0	4	0
Abundancia Total		32	204	78	18	20	20

Tabla 3. No de individuos durante los meses de estudio para la comunidad de Tricópteros. Sitio 2. Potrerillos.

POTRERILLOS							
FAMILIA	GENERO	JUL	AGOS	SEP	NOV	DIC	ENE
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	20	248	78	9	17	28
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	7	31	12	5	8	4
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	9	7	0	0	0	0
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	6	0	0	0	0
Abundancia Total		36	292	90	14	25	32

La familia Hydropsychidae fue la dominante en el transcurso de la investigación pues es una de las familias más diversificadas en aguas dulces (Fernández y Domínguez, 2001).

El mayor número de individuos se encontró en el sector de Potrerillos (Tabla 2) ,la familia con mayor número de individuos fue Hydropsychidae (467 individuos) la cual está constituida por especies que filtran las partículas del seston, para ello construyen redes en la zona de corriente en tramos medios y bajos de las quebradas, además la presencia de ganchos les facilita la colonización de ambientes correntosos (García y González, 1986) en época de lluvia, es por ello que esta familia es la mejor distribuida en la Quebrada, son indicadores de aguas limpias (Zúñiga,1985). Además, Muñoz-Quezada (2000) afirma que es una de las familias más diversas del orden Trichoptera en Colombia. En la parte alta de la micro-cuenca, el estado de protección es muy bueno lo que favorece que predomine el detritus proveniente del material alóctono de las ramas, troncos, hojas y del componente orgánico del suelo.

Se colectaron pocos individuos de la familia Philopotamidae, que se caracteriza por ser microfiltradora, y puede vivir tanto en corrientes lénticas como en zonas de aguas rápidas, en los tramos medios y bajos de las quebradas; a pesar de esto el sitio donde encontramos el mayor número de organismos fue en la zona 1 (La Zeta) con 13 individuos.

La familia Hidrobiosidae siendo *Atopsyche* el único género descrito para Colombia (Muñoz-Quezada 2000), se encuentran sobre piedras de aguas correntosas y poco material vegetal, hasta los 2500 msnm, principalmente entre 1000 y 1500 msnm y son poco frecuentes en las colectas. Ya que las zonas de colecta se encuentran a menos de 700 msnm, esta puede ser la razón por la cual se encontraron pocos individuos de este género además de que en estas zonas hay mucha vegetación ribereña, pues en la zona 1 (La Zeta) se registraron solo 6 y en

la zona 2 (Potrerillos) encontramos 16 individuos de este género. Sin embargo, el número de registros de este género son mayores si los comparamos con los de otros estudios, como Riviera *et al.* (2008), donde solo se reportaron 2 individuos. Por otra parte, la aparición de este género solo durante los meses de julio y agosto, pudo obedecer al aumento de caudal ocasionado por las lluvias que ocurrieron en estos meses y que podrían haber ocasionado un arrastre de estos individuos río abajo. Sin embargo este fenómeno no ocurrió durante el mes de noviembre, mes en el que regresaron las lluvias, esto pudo ser causado por que los niveles de caudal fueron demasiado altos como para que estos organismos pudieran aferrarse al sustrato.

La familia Glossosomatidae tan solo se colectó en la zona 1 (La Zeta), a pesar de distribuirse en los tramos altos, medios y bajos de ríos sobre sustratos pedregosos o en vegetación donde se presentan algas de las cuales se alimentan (Posada y Roldan, 2003). Se encuentran en todos los pisos altitudinales, siendo más frecuentes entre los 1000 y 2500 msnm, prefieren aguas con mucha corriente y bastante oxigenadas, bajo estas condiciones son muy abundantes en nuestro medio. Pocos estudios se han encaminado en entender el comportamiento del género *Mortoniella* en el medio donde vive.

Las altas precipitaciones y el flujo alto de la quebrada iniciaron a finales del mes de octubre comprendiendo noviembre y diciembre siendo este último donde hubo lluvia abundante en todo el mes para ambas zonas, reflejándose más en el sector bajo de la quebrada Potrerillos y fue en esta época de altas precipitaciones donde se notó una disminución de algunos géneros de tricópteros como *Leptonema* y *Smicridea* respectivamente. En el mes de enero tiende a recuperarse el cauce teniendo una normalidad en sus precipitaciones. Estos géneros presentan adaptaciones especiales que les permiten sobrevivir bajo cualquier circunstancia especial que se registre en el lecho ya sea de temporadas de sequía o el congelamiento de los sistemas hídricos como es el caso del género *Leptonema* ya

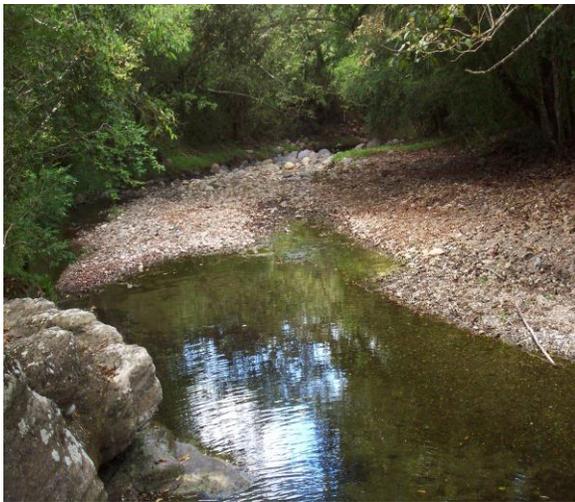
que se disminuyen sus individuos durante el invierno y, aumentan durante el verano en zonas templadas, ya sea como medio de sobrevivencia o para asegurar la emergencia sincronizada de los adultos (McCAafferty y Provoncha, 1978). Esto último explica porque durante el inicio de la época seca (Agosto) se presentó un aumento tan marcado en la abundancia de este género, la cual se fue reduciendo en los meses siguientes, donde la emergencia de los adultos parece estar relacionada con las épocas de lluvia.

7.1.1. TRICÓPTEROS: ZONA 1 (La Zeta)

En el tramo de estudio de esta zona se registraron para el orden Trichoptera, 4 familias (Hydropsychidae, Glossosomatidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae) y 5 géneros (*Leptonema*, *Smicridea*, *Mortoniella*, *Atopsyche*, *Chimarra*) esta es la parte alta de la quebrada donde se encontró gran disponibilidad de alimento, buena calidad del agua y las características del sustrato son los principales factores que gobiernan la abundancia y distribución de los macroinvertebrados acuáticos (Merritt y Cummins, 1996).

Durante la época de sequía representada especialmente por el mes de septiembre, ya que se evidencio una gran deficiencia en el flujo de agua del cauce (3,74 m³/s) en comparación con los otros meses de muestreo, la estructura de la comunidad de tricópteros mostró cambios especialmente en los géneros *Mortoniella*, *Chimarra* y *Atopsyche* que desaparecieron en esta época, este ultimo genero especialmente se encuentra en corrientes frías. Los géneros *Leptonema* y *Smicridea* aunque disminuyeron en una pequeña cantidad no desaparecieron totalmente lo cual indica que estos organismos se encuentran tanto en corrientes lentas como rápidas y que en épocas de sequía estos habitan más que todo en la hojarasca mostrando la potencialidad de colonizar otros sustratos con las nuevas condiciones (Rincón, 1999).

Para el mes de noviembre se registró una gran disminución de los géneros representativos *Leptonema* y *Smicridea* pero siguieron presente en todos los muestreos. También reapareció en el mes de diciembre el género *Chimarra*, púes este organismo puede sobrevivir en cualquier tipo de corriente demostrando así que han logrado colonizar a pesar del estrés causado por las altas y bajas precipitaciones siendo uno de los organismos que mejor han logrado adaptarse al medio (**Figura 4**).



A.



B.

Figura 4. Quebrada Potrerillos, zona 1. A. Épocas de sequía (Septiembre) y B. Lluvias abundantes (Noviembre y Diciembre).

7.1.2. TRICÓPTEROS: ZONA 2 (Potrerillos)

En este sector se colectaron 489 individuos agrupados en 3 familias (Hydropsychidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae) y 4 géneros (*Leptonema*, *Smicridea*, *Atopsyche*, *Chimarra*) obteniendo valores mayores en comparación con los registrados para la zona de La Zeta, esto pudo deberse a la pluviosidad de la zona muestreada, la cual ocasiona un aumento en el caudal del río y el transporte de los tricópteros río abajo. Se conoce como un sector que es utilizado para la ganadería, muy erosionado y con poca vegetación ribereña permitiendo un gran aporte de iluminación.

En la época de sequía los géneros que permanecieron fueron *Leptonema* y *Smicridea*, con grandes diferencias con respecto a las épocas de lluvia. Por otro lado los géneros *Atopsyche* y *Chimarra* no se registraron en la época de sequía, estos organismos con altos requerimientos de oxígeno disuelto, poca concentración orgánica y buen caudal, tienden a desaparecer cuando no hay estas condiciones. Además se ha establecido como patrón general que las áreas con sustratos rocosos presentan alta estabilidad y heterogeneidad espacial, lo cual ofrece mejores condiciones para la colonización y establecimiento de la fauna. (Logan y Broker, 1983; Brown y Brussock, 1991; Silveira *et al*, 2006). En esta investigación la alteración por las rocas se evidenció principalmente en época de lluvias moderadas, lo cual es importante para las relaciones tróficas de los macroinvertebrados.

Por otro lado en la época de lluvias abundantes el género *Leptonema* continuo siendo el más dominante, pues estos organismos presentan estadios aéreos y rápidamente recolonizan este tipo de ecosistemas, (Gasith y Resh, 1999) sin embargo en esta época del muestreo fue donde se encontró menor cantidad de estos individuos al igual que el género *Smicridea*. Esto se atribuye tal vez a que muchas de estas especies fueron muy sensibles a los cambios que se presentaron y no fueron lo suficientemente útiles sus estrategias de agarre a los sustratos para evitar el desplazamiento de sus hábitat, además la emergencia sincronizada de los adultos parece estar relacionada con esta época del año (**Figura 5**).



A.



B.

Figura 5. Quebrada Potrerillos, Zona 2. A. Época de sequía (Septiembre) y B. Lluvias abundantes (Noviembre y Diciembre).

7.2. VARIACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE TRICÓPTEROS.

7.2.1. ANÁLISIS TEMPORAL.

En la **Tabla 4**, se encuentran los resultados que se obtuvieron con los diferentes índices basados en la de diversidad α , en las zonas de estudio y épocas de muestreo. Se puede observar que la diversidad (Shannon H') varió de acuerdo a las épocas de muestreo, siendo julio el mes más diverso en ambas zonas y los meses de septiembre y enero los que menos diversidad tuvieron en la zonas de La zeta y Potrerillos respectivamente. La Equitatividad (Shannon J') también vario, siendo los meses de julio, noviembre y diciembre los meses más equitativos en ambas zonas y sus valores fueron muy similares. Los valores de Dominancia (Simpson D) también fueron diferentes según los meses de muestreo ya que el mes de julio fue el más bajo en las dos zonas, el mes de septiembre en Zeta y el mes de enero en Potrerillos fueron los más altos.

Los valores que arrojo el índice de diversidad de Shannon fueron bajos, estos oscilaron entre 0,177 y 0,452 para la zona 1 (La Zeta) y de 0,164 a 0,431 para la zona 2 (Potrerillos) (**Tabla 4**), el mes de julio fue el que presento un mayor valor. Estos resultados indican que hay una diversidad de tricópteros muy baja en esta quebrada pues está en el rango de (0,0 – 1,5) esto talvez es debido en primera instancia por el cambio de sequía a lluvias y el evidente aumento de caudal, simultáneamente se presenta una alteración de las condiciones fisicoquímicas y la alternativa de algunas especies sensibles es adaptarse o morir. Además se observaron dos géneros que dominaron en todo el tiempo de muestreo, *Smicridea* y *Leptonema* siendo este último el que más individuos presentó, esta es otra razón por la cual los índices de diversidad de Shannon fueron tan bajos pues siempre estuvieron estas dos especies presentes y en gran cantidad reflejando así su gran capacidad para adaptarse a diferentes condiciones. Aun así, es importante que estos resultados se tomen con cuidado pues por el hecho de tratarse de pocos géneros, y ser desarrollado sobre un solo orden, los valores dados por el índice de Shannon no son confiables.

Tabla 4. Índices Basados en la Diversidad α en La Zeta y Potrerillos Según las Épocas de Muestreo

		Temporal					
Sitio	Index	JUL	AGOS	SEP	NOV	DIC	ENE
Zeta	Shannon H'	0,452	0,285	0,177	0,29	0,447	0,244
	Shannon J'	0,946	0,473	0,587	0,964	0,937	0,811
	Simpson	0,375	0,6777	0,7577	0,5247	0,38	0,625
Potrerillos	Shannon H'	0,431	0,237	0,171	0,283	0,272	0,164
	Shannon J'	0,903	0,394	0,567	0,94	0,904	0,544
	Simpson	0,409	0,7336	0,7689	0,5408	0,5648	0,7813

7.2.2. ANÁLISIS ESPACIAL.

En la **Tabla 5**, podemos encontrar los datos de los índices de disimilitud basados en la diversidad β entre las dos zonas de estudio y en los diferentes meses de muestreo. Se puede evidenciar que las dos zonas en general son similares, sobre todo cuando se toma en cuenta la abundancia de los individuos. Es el caso del índice de Bray Curtis y Sorensen Cuantitativo, donde se obtuvieron valores muy similares. En general la mayor diferencia se presenta en los meses de alta precipitación y bajo brillo solar, mientras que los valores de mayor similitud coinciden con la época más seca correspondiente al mes de septiembre (**Figura 6**). Esto parece demostrar que a medida que aumentan las condiciones extremas producidas por la sequía, muchos grupos empiezan a desaparecer y solo los que han desarrollado estrategias de tolerancia logran sobrevivir; esto hace que las especies que los diferencian desaparezcan y solo se mantengan las que tienen en común.

Tabla 5. Índices Basados en la Diversidad β durante las Épocas de Muestreo

INDICES	JUL	AGO	SEP	NOV	DIC	ENE	TOTAL
Coeficiente de Similitud Jaccard	0,50	1	1	1	0,67	1	0,80
Coeficiente de Bray Curtis	0,79	0,81	0,93	0,87	0,71	0,73	0,83
Índice de Sorensen (Cualitativo)	0,54	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,55
Índice de Sorensen (Cuantitativo)	0,68	0,81	0,93	0,88	0,71	0,73	0,83

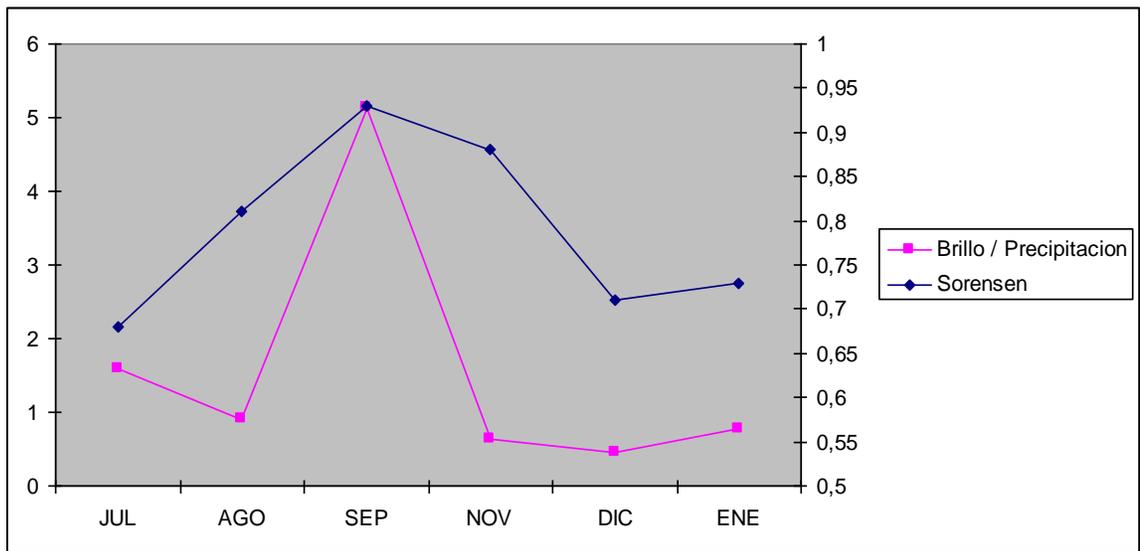


Figura 6. Comparación índice de similitud de Sorensen con la relación Brillo Solar / Precipitación.

7.2.3. ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL

En la **Tabla 6**, podemos observar el resultado del análisis factorial univariante según las zonas, las épocas de muestreo y las especies encontradas. Evaluando el tipo de zona, mes o género, en forma individual, se encontró que solamente el tipo de género influyó sobre la abundancia de los tricópteros, mientras que las zonas y los meses por separado no influyeron significativamente. Por otro lado al analizar la relación entre las zonas y los meses, y entre las zonas y los géneros tampoco se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, cuando se relacionan los meses con los géneros se encuentra que hay diferencias muy significativas. Esto indica que estadísticamente la comunidad de tricópteros de la quebrada Potrerillos, solo varía temporalmente; variación que es influenciada en gran medida por los géneros al que pertenecen.

Tabla 6. Análisis Factorial Univariante.

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL			
Fuente	gl	F	Significancia
ZONA	1	1,231	0,348
MES	5	1,587	0,209
GÉNERO	4	2,971	0,044
ZONA * MES	5	1,161	0,373
ZONA * GÉNERO	3	2,188	0,132
MES * GÉNERO	20	17,115	≤0,001

7.3. INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS ESTACIONALES SOBRE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS.

La **Tabla 7** presenta los valores fisicoquímicos obtenidos en las dos zonas de muestreo, con sus valores promedio (**PROM**) y desviación estándar (**S.D**), en los cuales podemos observar que el comportamiento mensual varia teniendo en cuenta las épocas climáticas y el sitio de muestreo.

Tabla 7. Datos Fisicoquímicos durante los meses de muestreo en ambas zonas.

PARÁMETRO	ZONA	JUL	AGO	SEP	NOV	DIC	ENE	PROM	S.D
* Precipitación/mms		88.0	170.8	19.4	196.3	323,3	170	161,30	103,09
* Brillo Solar/H		140.0	155.5	99.7	126.4	148	132	133,60	19,65
T. Ambiental (° C)	Zeta	27	28	29	32	27	28	28,5	1,871
	Potreriillos	28	30	34	30	29	32	30,50	2,17
T. Hídrica (° C)	Zeta	24	25	26,8	28	25	24,5	25,55	1,528
	Potreriillos	27	25	32	28	27,5	28	27,92	2,29
Conductividad umhos/cm2	Zeta	256	280	330	278	178	240	260,33	50,52
	Potreriillos	249	273	309	242	158	295	254,33	53,76
Oxigeno mg/L	Zeta	7,3	6,2	3,5	7,2	7,6	7,1	6,48	1,535
	Potreriillos	6,9	6,2	2,5	8,4	6,7	6,7	6,23	1,98
% De Saturación de O ₂	Zeta	98	79	48	99	101	86	85,17	20,13
	Potreriillos	96	82	41	109	90	91	84,83	23,250
CO ₂ mg/L	Zeta	5,8	6,4	9,7	6,6	5,1	5,3	6,48	1,682
	Potreriillos	6,4	7,3	0	5,2	7,5	5,7	5,35	2,77
Calcio mg/L	Zeta	45	29	40	30	36	34	35,67	6,088
	Potreriillos	27	26	21	19	28	36	26,17	5,98
Acidez mg/L	Zeta	20	32	12	44	24	12	24	12,39
	Potreriillos	18	16	4	12	12	8	11,67	5,13
Ph	Zeta	7,3	7	8,2	8	7,5	7,8	7,63	0,45
	Potreriillos	6,7	6,9	9	7,3	7	7,9	7,46	0,86
Dureza Total mg/L	Zeta	92,24	110,21	170,25	122,08	74,91	81,72	108,57	34,96
	Potreriillos	85,15	118,26	272,4	102,15	61,29	81,72	120,16	77,04
Dureza Carbonácea mg/L	Zeta	179	165,17	177,06	108,96	265,59	183,87	179,94	50,23
	Potreriillos	179	154,12	170,25	122,58	74,91	197,49	149,73	44,53
Alcalinidad Total mg/L	Zeta	210,45	145,12	245,16	272,4	156,63	197,49	204,54	49,33
	Potreriillos	150,45	132,45	272,4**	197,49	102,15	217,92	178,81	53,06
Nitratos mg/L	Zeta	37	55	40	40	65	60	49,5	11,98
	Potreriillos	37	41	45	50	70	56	49,83	11,92
Caudal L/s	Zeta	58,45	38,52	3,74	73,55	83,88	35,60	48,95	29,14
	Potreriillos	65,15	48,15	4,55	86,15	183,20	100,54	81,29	24,51
Ancho activo m	Zeta	7,4	6,4	1,80	8,45	8,30	3,50	5,9750	2,73
	Potreriillos	8,15	7,13	2,10	10,95	11,60	5,07	7,5	3,59

* Valor Total Mensual estación metereológica La Fonda-CITEC (IDEAM – 2008)

** En Potreriillos en septiembre se presento alcalinidad de fenolftaleina (81,72 mg/L).

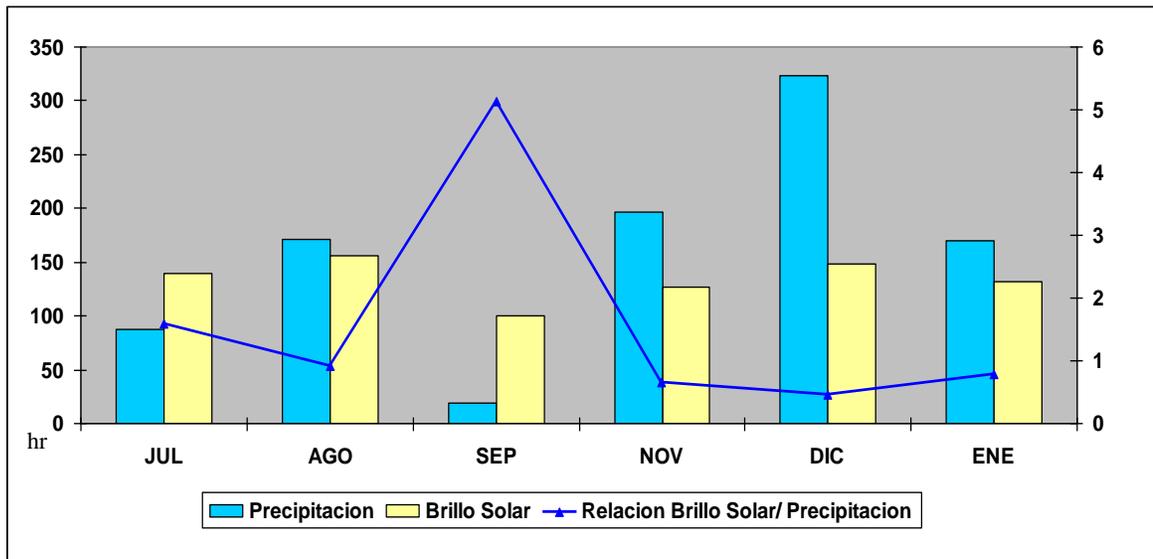
7.3.1. Precipitación y Brillo Solar

El promedio de precipitación total mensual de acuerdo con los datos de la estación metereológica de la La Fonda Citec (580 mms), que se considera representativa para estas zonas de estudio fue de 159,56 mms, con una desviación estándar de 115,16 mms. El valor de máxima precipitación se registró en el mes de diciembre

con 323,3 mms y el mes de mínima precipitación fue septiembre con 19,4 mms (**Figura 7**). Con base en esta información se puede ver que existen dos épocas marcadas por la cantidad de precipitación teniendo una gran influencia sobre los niveles de caudal, la época de sequía tiene un nivel de precipitación de 19,4 mms en septiembre, luego aparece la época de lluvia que comprende los meses de noviembre y diciembre con valores de precipitación por encima de los 150 mms. Por otro lado, estos valores fueron diferentes a los reportados por Longo (2007) y Díaz y Ortiz (2008), para el año 2006. Donde se destaca Agosto, por presentar una precipitación de 170.8 mms en comparación con lo reportado por los trabajos previos de 4,3, y septiembre por ser el más seco con 19.4 mms en comparación con el año 2006 de 26.1 mms.

Al comparar los valores de precipitación reportados para el Año 2005 por el IDEAM (2005), en el 2006 por Longo (2006) y Díaz y Ortiz (2008) con los del presente estudio para el año 2008; se observó que al parecer las épocas de sequía y lluvia, se han ido desplazando de un mes a otro a través de los años. Por ejemplo, los valores menores de precipitación pasaron de presentarse en el mes de Julio para el año 2005, a Agosto para el 2006 y Septiembre para el 2008. Sin embargo, la época de lluvia parece variar pero no en forma tan fuerte como ocurre con las épocas de sequía, ya que el mes con los mayores valores de precipitación fue Noviembre para el 2005, Noviembre para el 2006 y Diciembre para el 2008.

Tomando los registros de brillo solar de las zonas de muestreo reportaron un promedio total de 130,410 hr. y una desviación estándar de 23,67hr., podemos percibir que el mes donde hubo mayor brillo solar fue en agosto con 155,5 y el menor valor fue para el mes de septiembre con 99,7 hr. (**Figura 7**). Al evaluar la relación entre brillo solar / precipitación (**Figura 7**), se encontró que los valores más extremos se encontraron para el mes de septiembre, señalándolo como la época más seca, y los más bajos para el mes de diciembre, registrándose como la época más húmeda.



* El mes de octubre no se describe en la gráfica por no presentar muestreo. El valor para este mes fue de 134.9 hr.

Figura 7. Valor Total Mensual Precipitación, Brillo Solar y su Relación. Estación metereológica La Fonda-CITEC (IDEAM – 2008)

7.3.2. Ancho activo (m)

En la zona de La Zeta el ancho activo del cauce en promedio fue de 6 m y los registros mensuales se obtuvieron así: 7,4 m en julio, 6,4 m en agosto, 1,8 m en septiembre, 8,4 m en noviembre, 8,3 m en diciembre y 3,5 m en enero además se registro una desviación estándar de 2,73 m. Como podemos observar el valor más alto se presento en la época de lluvias abundantes y el más bajo fue en el tiempo seco.

En potrerillos el ancho promedio del cauce fue de 7,5 m con una desviación estándar de 3,59 m los datos del ancho promedio para los seis meses de muestro se obtuvieron de la siguiente forma: en el mes de julio el valor fue de 8,15 m, en agosto de 7,13 m, en octubre de 2,10 m, en noviembre de 10,95 m, en diciembre fue de 11,60 m y para el mes de enero fue de 5,07 m. Es evidente en estos datos

que el valor máximo del ancho activo fue en diciembre con 11,60 m y el mes con valor mínimo fue septiembre con 2,10 m (**Figura 8**).

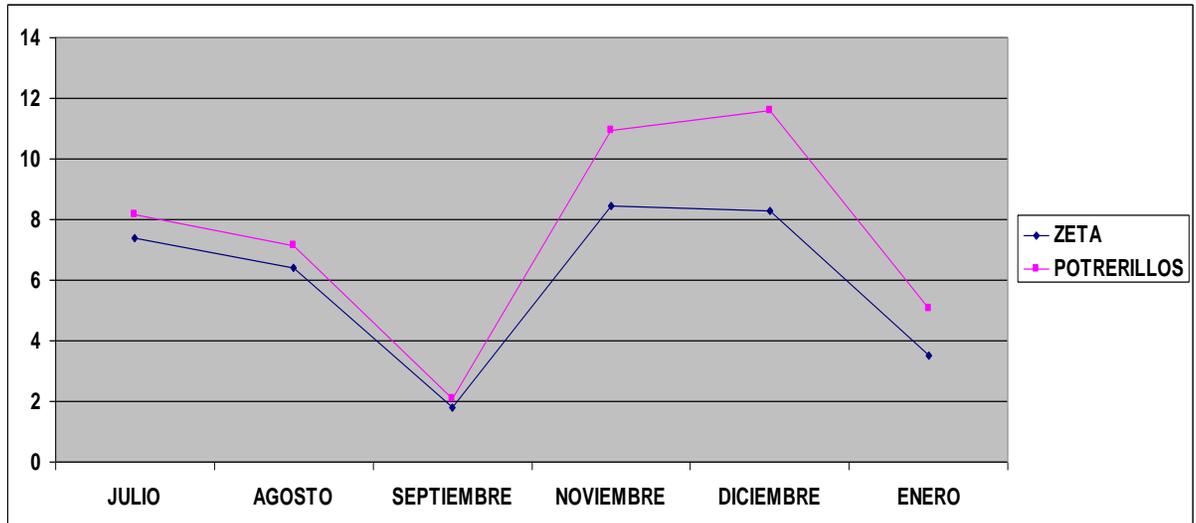


Figura 8. Cambios temporales de variaciones del ancho activo de las zonas 1 y 2.

7.3.3. Caudal (Q)

El caudal presento un valor promedio para las épocas de muestreo de 48,9 L/s con una desviación estándar de 29,14 L/s en la zona 1 (La Zeta) y de 81,29 L/s con desviación estándar de 24,51 L/s en la zona 2 (Potrerillos). Los valores máximos de caudal se obtuvieron en los meses de diciembre en las dos zonas de investigación, con resultados de 83,88 L/s en la zona 1 y 183.15 L/s en la zona 2. El caudal también presento valores mínimos registrados en el mes de septiembre para ambas zonas con 3,74 L/s y 4,55 L/s respectivamente (**Figura 9**).

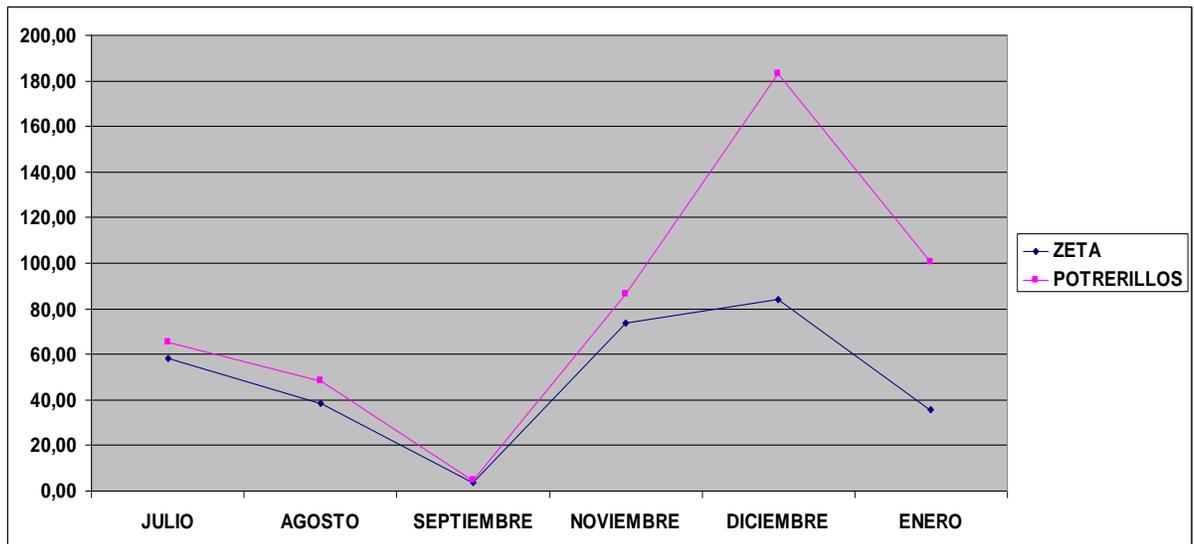


Figura 9. Cambios temporales de la variación de caudal en las zonas 1 y 2

7.3.4. T° Ambiental (°C):

Durante los meses de estudio la temperatura ambiental fue en promedio de 28,5°C, y su desviación estándar de 1,9 para el sitio1 (La zeta); y un valor promedio de 30,5°C con una desviación estándar de 2,2 para el sitio2 (Potrerillos). El registro más alto para la zona de La zeta fue de 32°C en el mes de noviembre. En potrerillos el valor más alto fue de 34°C para el mes de septiembre correspondiendo a la época de sequía. Por otro lado, las temperaturas más bajas fueron para los meses de julio y diciembre en ambas zonas con 27°C y 27°C para La Zeta; y, 28°C y 29°C para Potrerillos. Meses que correspondieron con épocas donde hay lluvias moderadas y abundantes (**Figura 10**).

La temperatura ambiental para las dos zonas de muestreo, se encontraron por encima de los 27° C, alcanzando máximas de 34° C en la temporada de sequía (Septiembre – Potrerillos) catalogándose como una zona de vida de Bosque seco Tropical (Bs-T) según Holdridge (1978). Sin embargo, la zona 1 fue menos calurosa durante todas las épocas de muestreo que Potrerillos debido

seguramente a que la Zeta se encuentra a mayor altura sobre el nivel del mar y posee mayor cobertura vegetal.

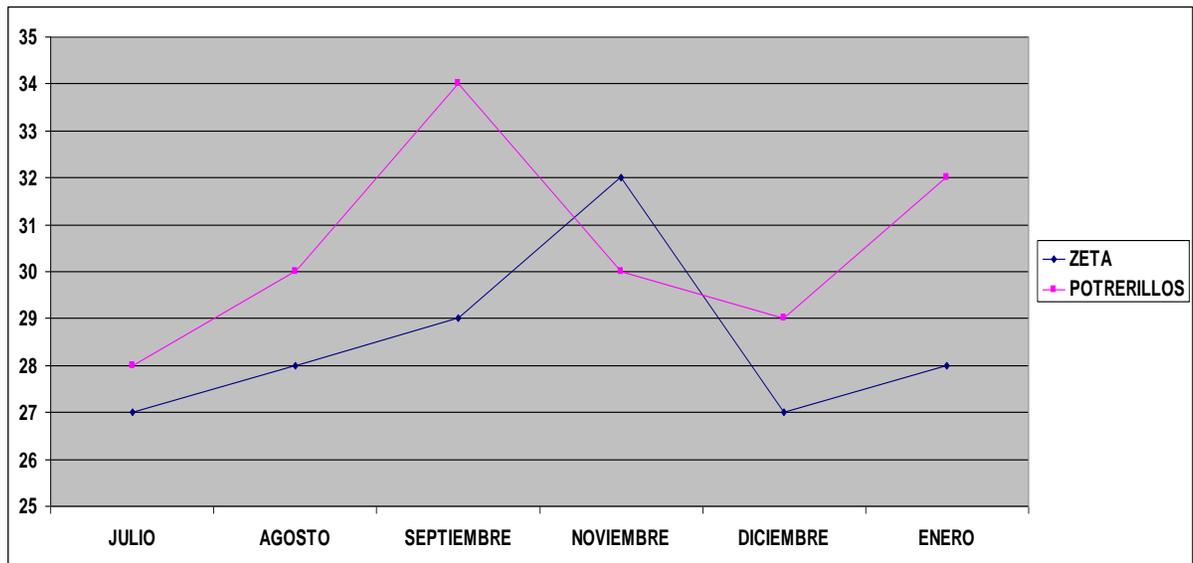


Figura 10. Cambios temporales de la temperatura ambiental de la zona 1 y 2

7.3.5. T° Hídrica:

Se observó un promedio general de 25,5 °C en la zona de la Zeta y de 27,9 °C en la zona de Potrerillos. Los valores de temperatura más altos se presentaron en el mes de septiembre 32 °C para Potrerillos y para La Zeta fue de 28 °C. El registro más bajo de temperatura hídrica en las zonas de estudio fue de 24 °C en el mes de Julio para la zona de La Zeta y en Potrerillos fue de 25 °C en el mes de agosto (**Figura 11**). En potrerillos es donde se encuentran los valores más altos de temperatura hídrica en relación con los valores obtenidos en la zona de La Zeta esto debido a que el primero presenta menor cobertura vegetal, permitiendo así un mayor porcentaje de penetración lumínica y por tal razón más calor en el agua del cauce.

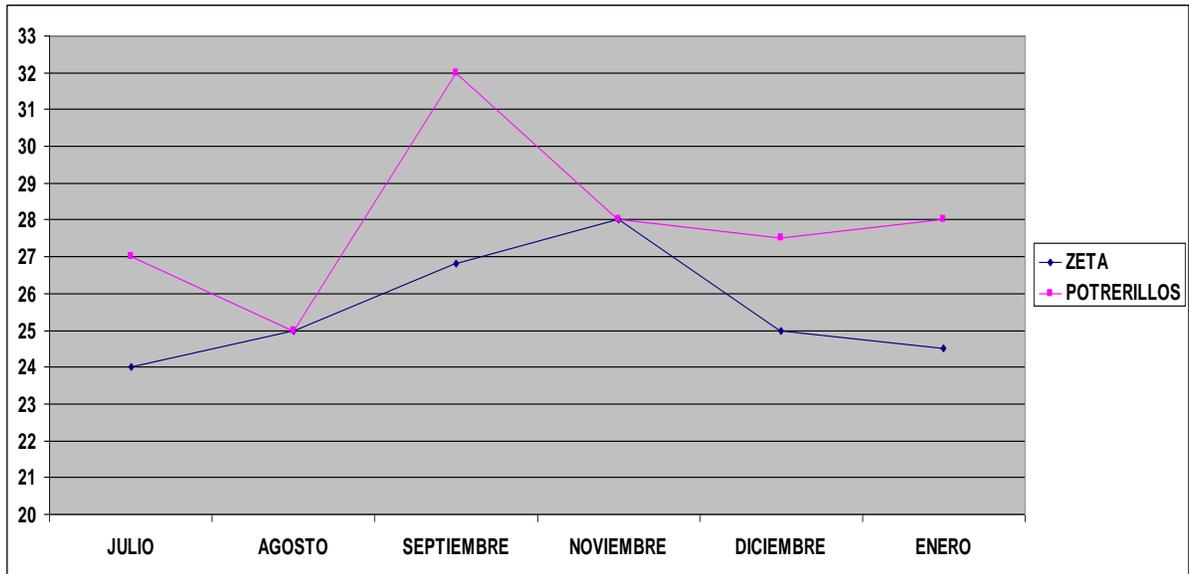


Figura 11. Cambios temporales de la temperatura hídrica de las zonas 1 y 2

7.3.6. Conductividad umhos/cm²:

Si tenemos en cuenta los valores registrados para la conductividad en los meses de muestreo podemos observar que hubo un valor promedio de 260,33 umhos/cm² y una desviación estándar de 50,52 en la zona 1 (La Zeta) y de 254,33 umhos/cm² con una desviación estándar de 53,76 en el sitio 2 (Potrerillos). Los valores más altos de este parámetro se obtuvieron en el mes de septiembre para ambas zonas distribuidos de la siguiente forma: Para la zeta un valor de 330 umhos/cm² y en Potrerillos fue de 309 umhos/cm². En cuanto a los registros más bajos de conductividad se dieron en el mes de diciembre con 178 umhos/cm² en La Zeta mes en el cual también se obtuvo el registro más bajo para Potrerillos con 158 umhos/cm² (**Figura 12**).

Estos registros muestran claramente que el agua de esta cuenca se encuentra en un estado mesotrófico (Boyd, 1990), teniendo en cuenta que el promedio general es de 257 umhos/cm² estando por encima de 100 umhos/cm², podemos decir entonces que los valores registrados indican la presencia de carbonatos y

bicarbonatos y no de sales ya que la medición de salinidad siempre arrojo valores de cero para este parámetro. Los valores más altos de conductividad los obtuvimos en los meses de sequía y los más bajos en la época de lluvia.

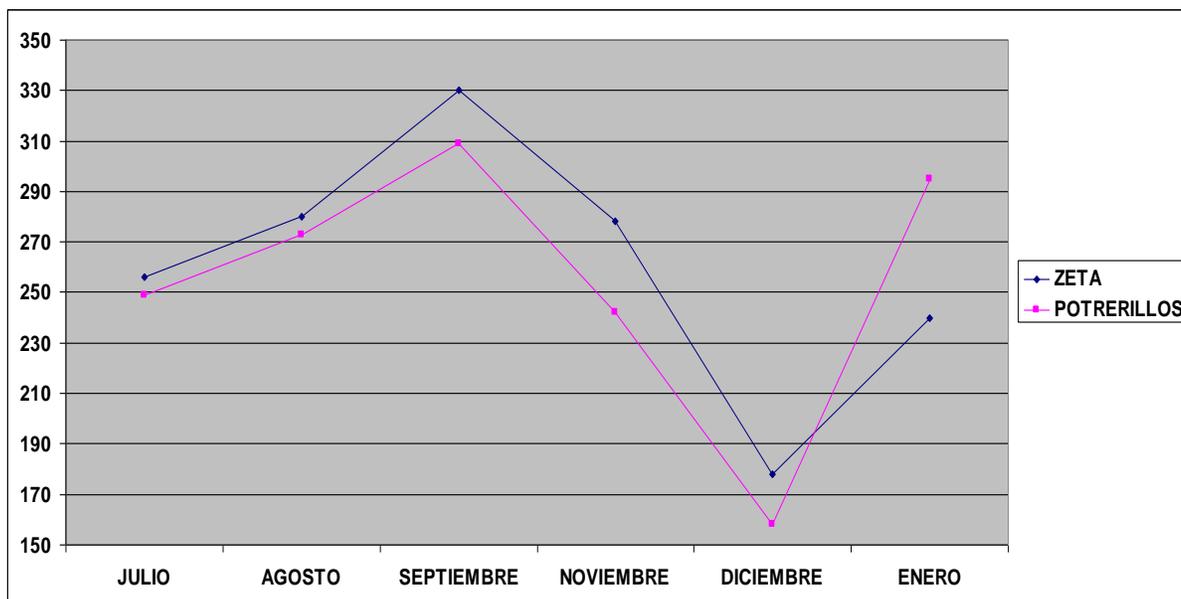


Figura 12. Cambios temporales de la conductividad de las zonas 1 y 2

7.3.7. Oxígeno mg/L

Se registro para La Zeta un promedio de 6,48 mg/ L de oxígeno disuelto con una desviación estándar de 1,5 y un promedio de 6,23 mg/L de oxígeno con desviación estándar de 1,9 para Potrerillos. Los valores más altos fueron registrados en diciembre con un valor de 7,6mg/L para la Zona de la Zeta y en Potrerillos el registro más alto que se observó fue de 8,4 mg/L hacia el mes de noviembre. Por otro lado, los datos de oxígeno disuelto más bajos fueron para el mes de septiembre en ambas zonas, en La Zeta se obtuvo un valor de 3,5 mg/ L y 2,5 mg/L en Potrerillos. Llama la atención que en el mes de septiembre el valor de oxígeno descendió en más de la mitad de lo registrado en los demás meses

evaluados esto es debido al descenso del caudal y de la baja turbulencia que se presentó en este mes (Figura 13).

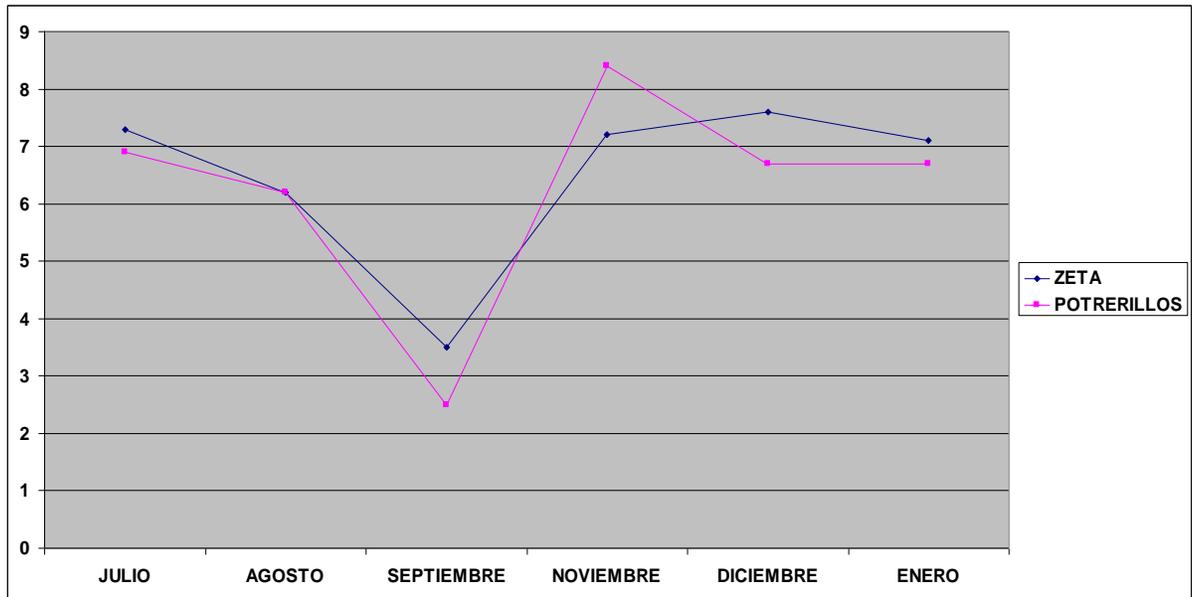


Figura 13. Cambios temporales de las concentraciones de oxígeno en las zonas 1 y 2

7.3.8. Porcentaje de Saturación De Oxígeno

La Zeta y Potrerillos emitieron los siguientes datos para el porcentaje de saturación de oxígeno: un promedio de 79,5% de saturación de O₂ para La Zeta, al igual se registró un promedio de 79,3% de saturación de O₂ para Potrerillos. Se evidencio una disminución del porcentaje de saturación de oxígeno en el mes de septiembre para ambas zonas de estudio con un 48% (La Zeta) y un 41% (Potrerillos); Los valores más altos se registraron en diciembre con 101% de saturación de O₂ en La Zeta y 109 % en Potrerillos. La reducción dramática en el mes de septiembre también se puede observar en el porcentaje de saturación de oxígeno (Figura 14). Llama la atención que durante los meses lluviosos (Julio, Noviembre, Diciembre y Enero), el % de saturación de Oxígeno alcanza valores

casi óptimos para el desarrollo de la biota acuática sin embargo cuando llega la época seca se presenta una disminución en la saturación por debajo del 80% que dificulta el desarrollo de algunos organismos.

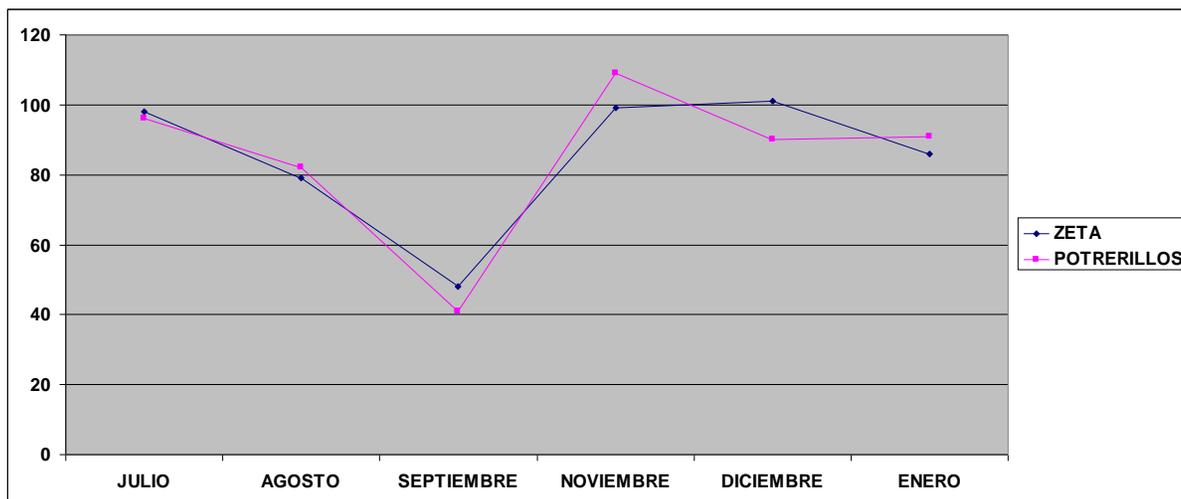


Figura 14. Cambios temporales del % de saturación de oxígeno de las zonas 1 y 2

7.3.9. CO₂ mg/L, pH y Alcalinidad Total mg/L

El CO₂ registró un promedio de 6,48 mg/L con una desviación estándar de 1,7 mg/L CO₂ para La Zeta; Potrerillos presento un promedio de 6,42 mg/L y una desviación estándar de 2,77 mg/L. El mayor registro fue percibido en el mes de septiembre con 9,7 mg/L de CO₂ en la parte de La Zeta y 7,5 mg/L de CO₂ en el mes de noviembre para la parte de Potrerillos; simultáneamente en el mes de diciembre, se dio la valoración más baja que para La Zeta con 5,1 mg/L de CO₂ y para Potrerillos con 5,2 mg/L (**Figura 15**). El dato de septiembre en la zona de Potrerillos no fue registrado ya que al añadir la fenolftaleina la muestra se torno fucsia inmediatamente, queriendo indicar con esto que no había CO₂ libre. Este resultado se debió seguramente a la alta proliferación de algas, las cuales habrían consumido el CO₂ en el proceso de fotosíntesis.

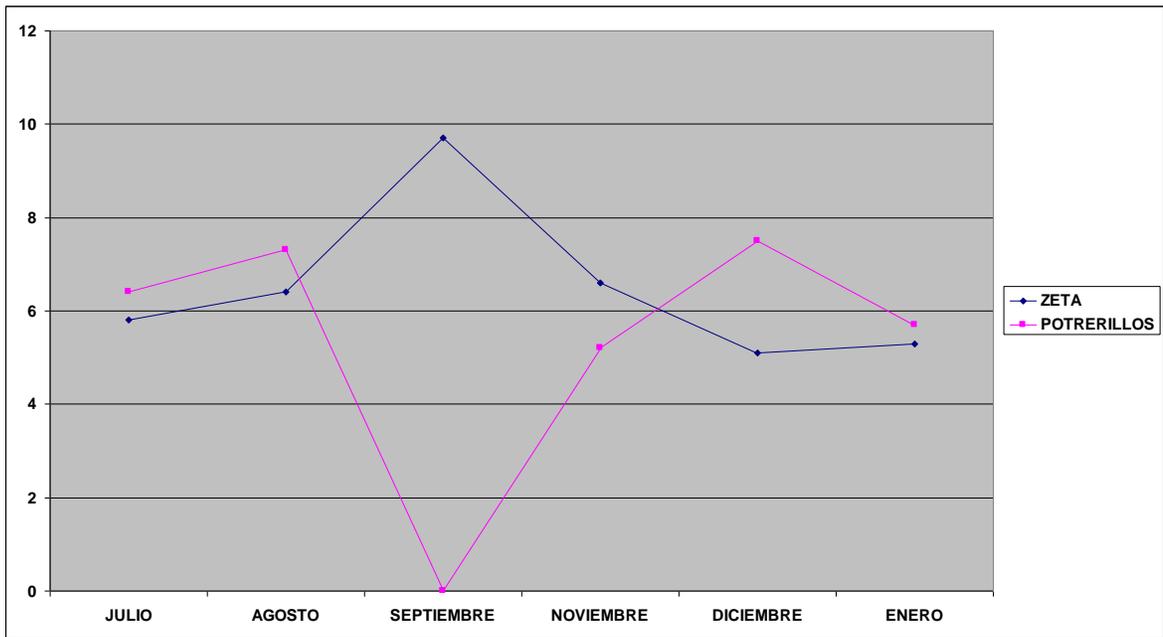


Figura 15. Cambios temporales de la concentración de CO₂ de la zona 1 y 2

El promedio y la desviación estándar de pH que registraron los datos obtenidos en el transcurso de los meses de muestreo fueron los siguientes: En La Zeta se obtuvo un promedio de 7,6 con una desviación estándar de 0,45. En Potrerillos se registro un promedio total de 7,5 y una desviación estándar de 0,86. Si observamos cada uno de los datos en los diferentes meses de estudio y en cada una de las zonas podemos indicar que el valor máximo de pH lo arrojó el mes de septiembre para ambas zonas siendo de 9 en la zona La Zeta y 8,2 en Potrerillos; en cuanto a los valores de pH más bajos los encontramos en agosto con 6,9 y 7,0 para Potrerillos y La Zeta respectivamente (**Figura 16**). Este valor alto de pH 9 en el mes de septiembre (Sequía) se debió seguramente a que no hubo presencia de CO₂ libre. Los valores de pH se ajustan a los valores óptimos para la presencia y subsistencia de la biota acuática.

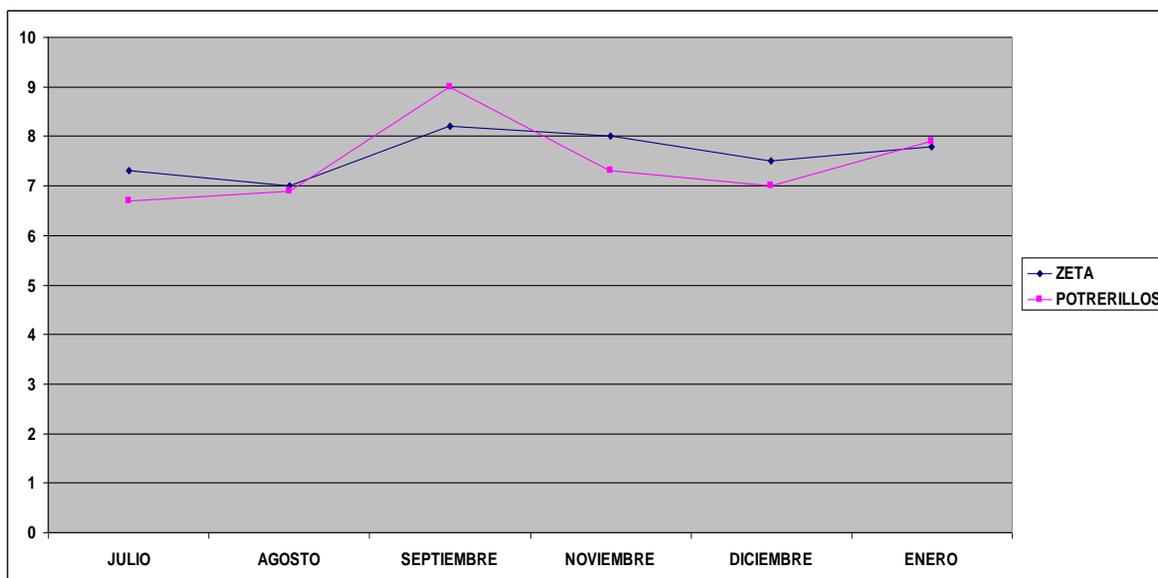


Figura 16. Cambios temporales de pH de las zonas 1 y 2

En la evaluación del parámetro físico-químico de alcalinidad se presentaron promedios de 204,54 mg/L en la zona 1 (La Zeta) y de 178,81mg/L en la zona 2 (Potrerillos), se establecieron datos máximos de 272,4 mg/L de CaCO_3 en el mes de noviembre para la zona 1 y de 272,4 mg/l de CaCO_3 en el mes de septiembre para la zona 2. Si hablamos de los valores más bajos estos se registraron en el mes de agosto para La Zeta con 145,12 mg/L de CaCO_3 y también para Potrerillos con 132,45 mg/L de CaCO_3 (**Figura 17**). Es importante señalar que solamente durante el mes de septiembre en potrerillos, fue donde se presentó alcalinidad de fenolftaleína (81,72 mg/L), puesto que el pH fue mayor a 8,3, esto debió ocurrir seguramente por la intensa proliferación de algas que consumieron todo el CO_2 libre y aumentaron el pH a esos niveles tan altos. Esto demuestra como la alta alcalinidad de la quebrada permitió una gran amortiguación de estos cambios drásticos en el pH.

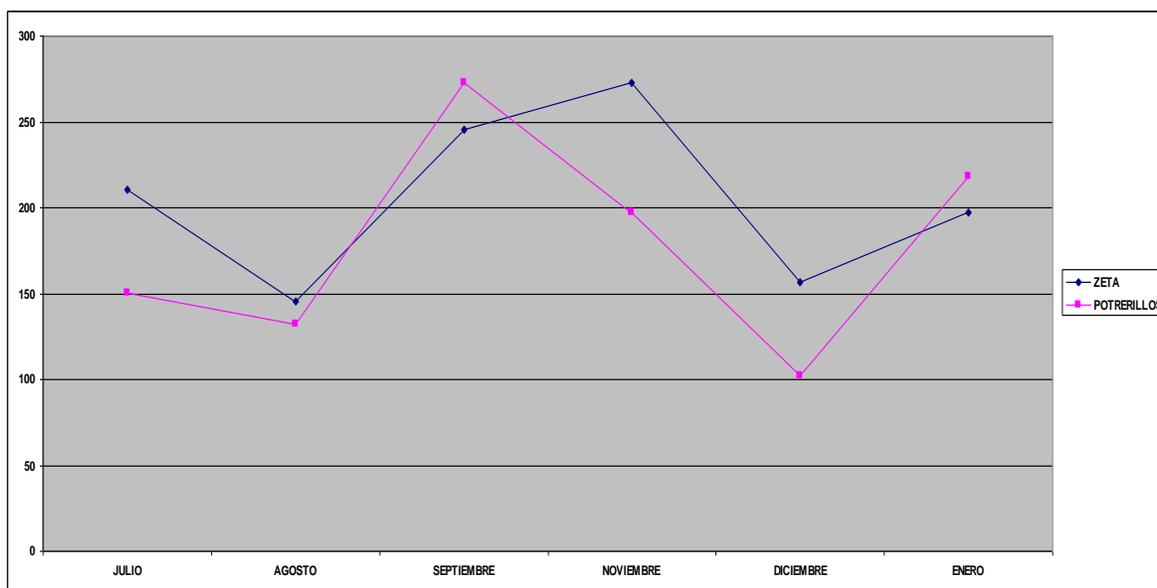


Figura 17. Cambios temporales de la concentración de alcalinidad de las zonas 1 y 2

7.3.10. Acidez mg/L

La acidez en la temporada de estudio señaló un promedio mensual de 24 mg/L y una desviación estándar de 12,39 para la zona de estudio de La Zeta y de 11,67 mg/L con desviación estándar de 5,13 en la zona de Potrerillos. Si observamos los máximos valores notamos que se encuentran en los meses de noviembre y julio para La Zeta y Potrerillos respectivamente con valores de 44 mg/L y 18 mg/L. Los registros mínimos de acidez fueron registrados en septiembre y enero en las dos zonas de muestreo con 12mg/L en ambos meses para La Zeta; en Potrerillos los registros fueron de 4 y 8 mg/L. Fue en Potrerillos donde se evidenciaron los datos más bajos si los comparamos con los obtenidos en La Zeta. Los valores de acidez durante todos los meses fueron mayores para La Zeta, siendo evidentemente superior el valor del mes de noviembre (**Figura 18**). La mayor acidez de La Zeta se debe posiblemente a los taninos provenientes de las hojas en descomposición que abundan en esta zona, ya que hay más vegetación riparia. El valor extremo que presentó el mes de noviembre podría deberse a que la lluvia produce una

remoción de las hojas en descomposición acumuladas durante la época de sequía.

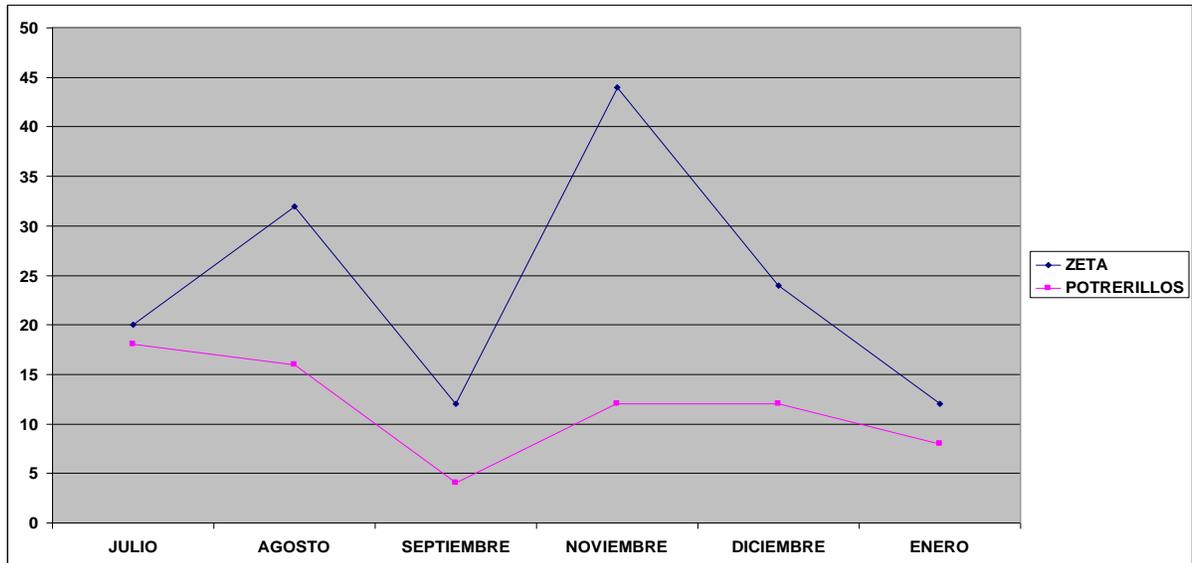


Figura 18. Cambios temporales de las concentraciones de acidez en las Zonas 1 y 2

7.3.11. Calcio mg/L, Dureza Total mg/L y Dureza Carbonacea mg/L

El valor medio obtenido en la zona de La Zeta fue de 35,67 mg/L de calcio y una desviación estándar de 6,1 en contraste en Potrerillos el valor medio obtenido fue de 26,17 mg/L y su desviación estándar estuvo en 6,0, casi igual al dato de La Zeta. Los registros más altos fueron obtenidos en el muestreo de julio con 45mg/L de calcio en La Zeta y en diciembre con 36mg/L en Potrerillos. Las cantidades más bajas se registraron en agosto con 30mg/L de calcio en la zona de La Zeta y de 19mg/L en el mes de noviembre para la zona de Potrerillos. La mayoría de los meses a excepción de enero, se presentó un mayor valor de calcio en zeta en comparación con potrerillos (**Figura 19**).

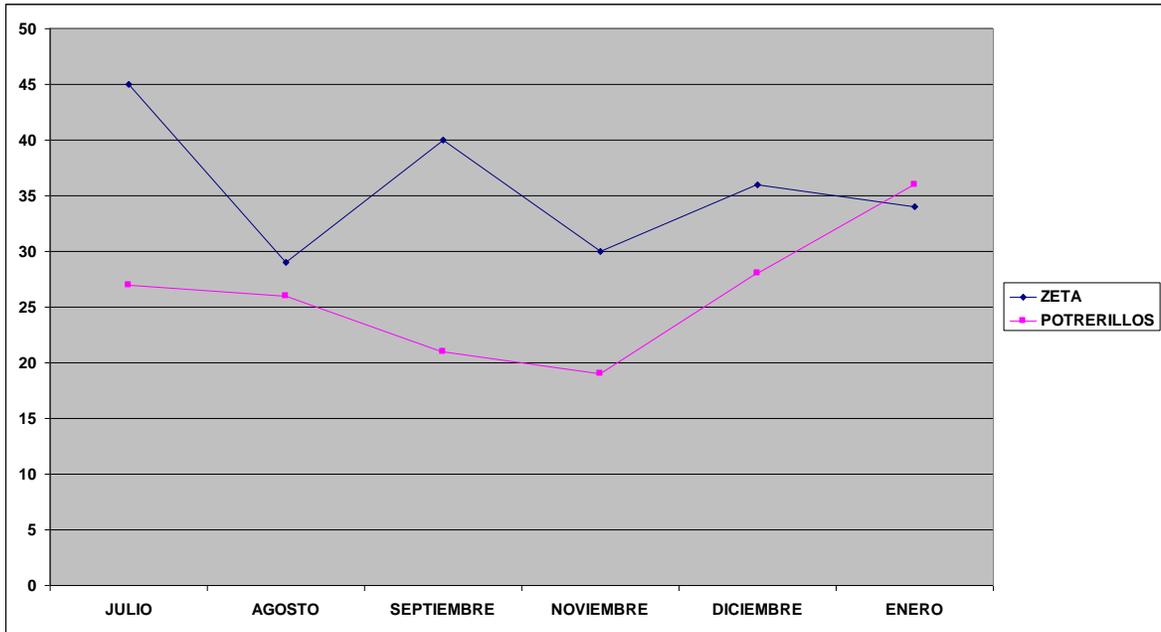


Figura 19. Cambios en las concentraciones de calcio de las zonas 1 y 2

En cuanto a la Dureza Total: los valores promedio de las dos zonas de estudio fueron registrados de la siguiente forma; La Zeta obtuvo un valor promedio en dureza total de 108,57 mg/L con una desviación estándar de 34,96 y en Potrerillos el promedio mensual de CaCO_3 fue de 120,16 mg/L con desviación estándar de 77,04. Los valores máximos fueron obtenidos en el mes de diciembre para la zona de La Zeta con 170,25 mg/L de CaCO_3 , y con 272,4 mg/L de CaCO_3 para la zona de Potrerillos. Los valores mínimos se registraron en el mes de noviembre con 108,96 mg/L de CaCO_3 (**Figura 20**).

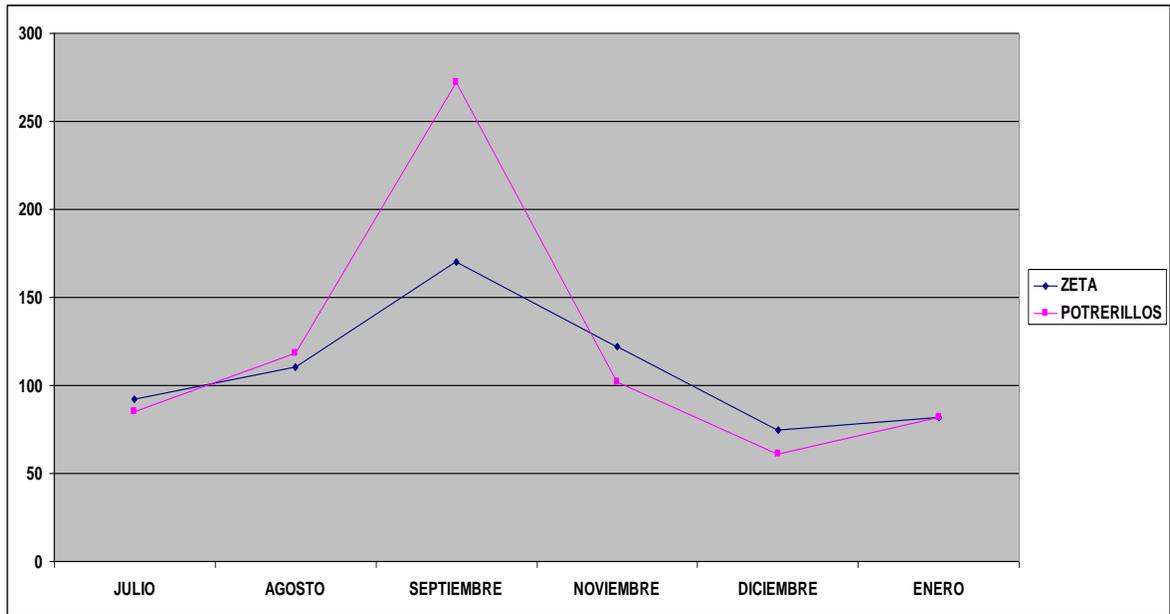


Figura 20. Cambios temporales de la concentración de dureza total de las zonas 1 y 2

En cuanto a la Dureza Carbonacea, durante el tiempo de estudio se observaron datos promedio de 179,94 mg/L de CaCO_3 en La Zeta y 149,73 en la zona de Potrerillos, reflejando desviaciones estándar de 50,23 y 44,53 para las dos zonas de investigación. El valor más alto registrado fue para la Zeta con 265,59 mg/L de CaCO_3 en el mes de diciembre y en Potrerillos con 197,49 mg/L de CaCO_3 en el mes de enero, en cuanto a los valores inferiores estos fueron de 108,96 en enero para La Zeta y de 74,91 mg/L de CaCO_3 en diciembre para Potrerillos. Llama la atención el mes de diciembre por presentar los valores extremos de Dureza Carbonacea, y porque curiosamente son opuestos entre las dos Zonas (**Figura 21**).

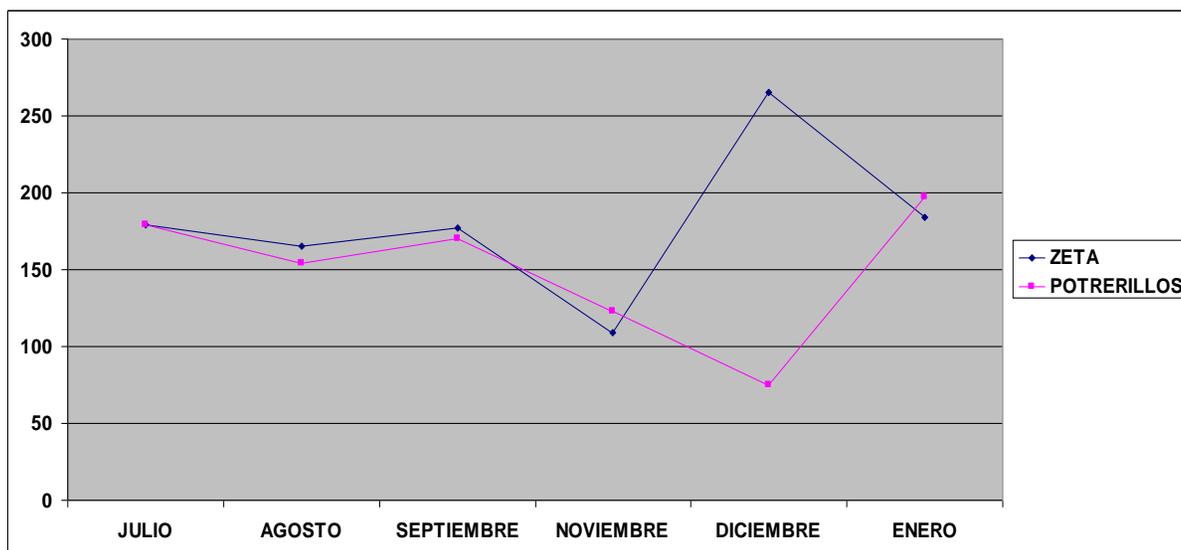


Figura 21. Cambios temporales de las concentraciones de dureza carbonacea de las zonas 1 y 2

Según los resultados anteriores podemos decir que las zonas en promedio poseen aguas muy productivas por tener valores superiores a los 25 mg/L de Ca. Sin embargo es importante destacar que en el mes de noviembre se registro un valor medianamente productivo para la zona de Potrerillos. Por otro lado es importante señalar que al parecer las variables de calcio y dureza carbonacea dependen de factores ajenos a las variaciones estacionales de la quebrada, pues al compararlos con trabajos previos como los de Longo (2007), Caicedo (2008) Díaz y Ortiz (2008) se corrobora que las variaciones importantes solo se observaron para el parámetro de dureza Total, seguramente se deba a que las concentraciones de magnesio están siendo mucho mas alteradas por la sequía, en comparación con las concentraciones de calcio.

7.3.12. Nitratos mg/L

Los valores promedio para La Zeta fueron de 49,5 mg/L con una desviación estándar de 11,98, y para Potrerillos un promedio de 49,83 mg/L con una desviación estándar de 11,92. El valor máximo fue registrado en diciembre para

ambas zonas de muestreo con 65 mg/L para La Zeta y de 70 mg/L para Potrerillos. El valor mínimo fue observado en el mes de julio con 37 mg/L para ambas zonas (**Figura 22**). Como podemos observar hay un incremento de este parámetro en noviembre y diciembre para la Zeta y Potrerillos esto es debido a las altas precipitaciones que se presentaron en esta época y que arrastraron gran cantidad de material alóctono.

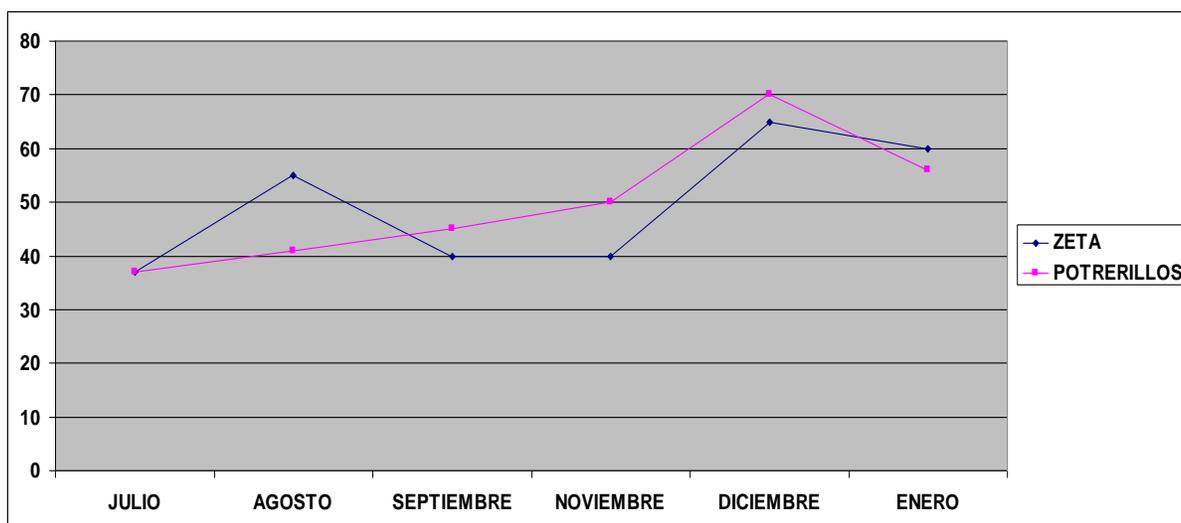


Figura 22. Cambios temporales de las concentraciones de nitratos en las zonas 1 y 2

7.3.13. Variación de las variables fisicoquímicas a través de las épocas de muestreo. Índice de Dubbois.

Mediante los resultados del índice de estabilidad de Dubbois se determinaron los meses en los que los parámetros físico - químicos e hídricos fueron estables y se ajustaron a sus comportamientos medios (valores bajos) en cada una de las zonas de muestreo (**Tabla 8**). Según los resultados del índice los meses más estables fueron: para La Zeta noviembre y enero con valores de 0,28 y 0,29 en forma respectiva; para Potrerillos los meses más estables fueron agosto y enero con 0,22 y 0,16. Por otro lado el mes con menor estabilidad fue septiembre para ambas zonas de estudio con valores de 0,90 en la zona 1 y 1,21 en la zona 2. Al

comparar el índice de Dubbois con la relación entre Brillo Solar y Precipitación (**Figura 23**), se descubrió que a medida que la relación era más extrema (Valores mayores) las variables fisicoquímicas presentaron mayor inestabilidad. Esto demuestra la influencia que tiene la relación entre brillo solar/ precipitación en la fisicoquímica del río, Por otro lado, la influencia fue mayor para Potrerillos (como lo demuestra la exactitud de las curvas representadas en el grafico), en comparación con La Zeta. Esto puede deberse a que la zona de La Zeta tiene mayor cobertura vegetal y por ende menor penetración lumínica en comparación con la zona de Potrerillos lo que influyo en las variables fisicoquímicas de la zona.

Tabla 8. Índice de Dubbois para evaluar la estabilidad de las variables físico-químicas en los diferentes meses de muestreo para ambas zonas

SITIO	JULIO	AGOSTO	SEPIEMBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
LA ZETA	0,37	0,39	0,90	0,28	0,49	0,29
POTRERILLOS	0,38	0,22	1,21	0,27	0,58	0,16

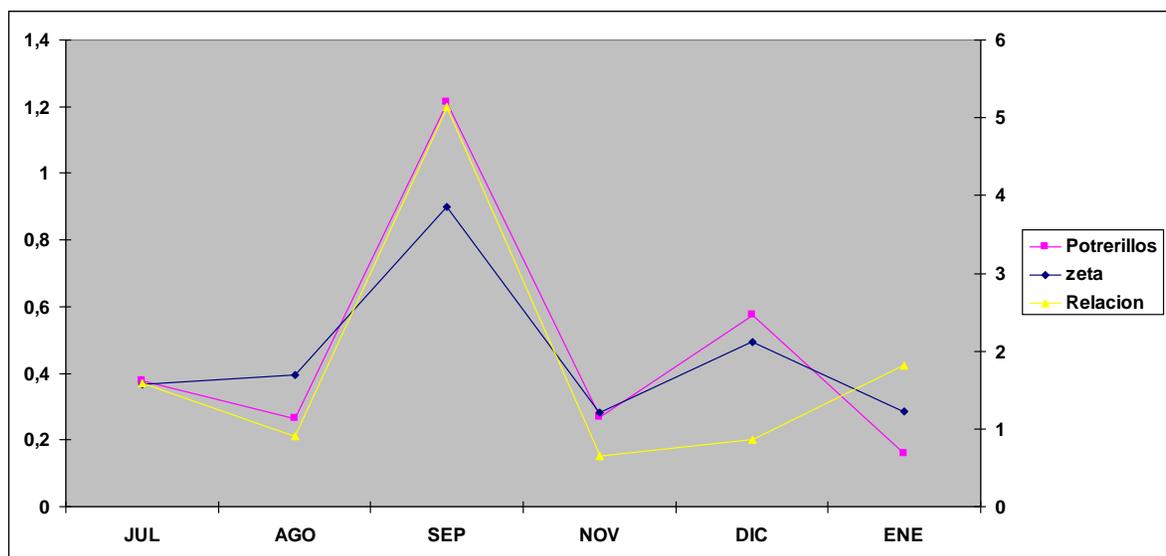


Figura 23. Comparación entre el índice de Dubbois y la relación entre Brillo Solar y Precipitación

7.4. Comparación Físicoquímica Y Diversidad De Tricópteros

Al comparar las diferentes variables físicoquímicas con la diversidad (Shannon) de tricópteros se encontró que hubo relación clara entre las variables de temperatura ambiental, temperatura hídrica, conductividad, oxígeno, saturación de oxígeno, dióxido de carbono, pH, dureza total, ancho activo y caudal. Mientras que las variables calcio, acidez, dureza carbonacea, alcalinidad y nitratos parecieron no influir directamente sobre la comunidad de tricópteros, estas observaciones se describen a continuación:

7.4.1. Ancho activo (m) y Caudal m³/s y Diversidad de Tricópteros

Se encuentra una relación directa entre el ancho activo y el caudal de la quebrada con la diversidad de tricópteros donde a medida que se reducen estos parámetros hay una pérdida de diversidad de los organismos (**Figura 24 y 25**). Estos parámetros por si solos no explican la desaparición de algunos géneros pero son los causantes de muchas alteraciones en las variables físicoquímicas. Las que probablemente sean limitantes del buen desarrollo de la fauna acuática.

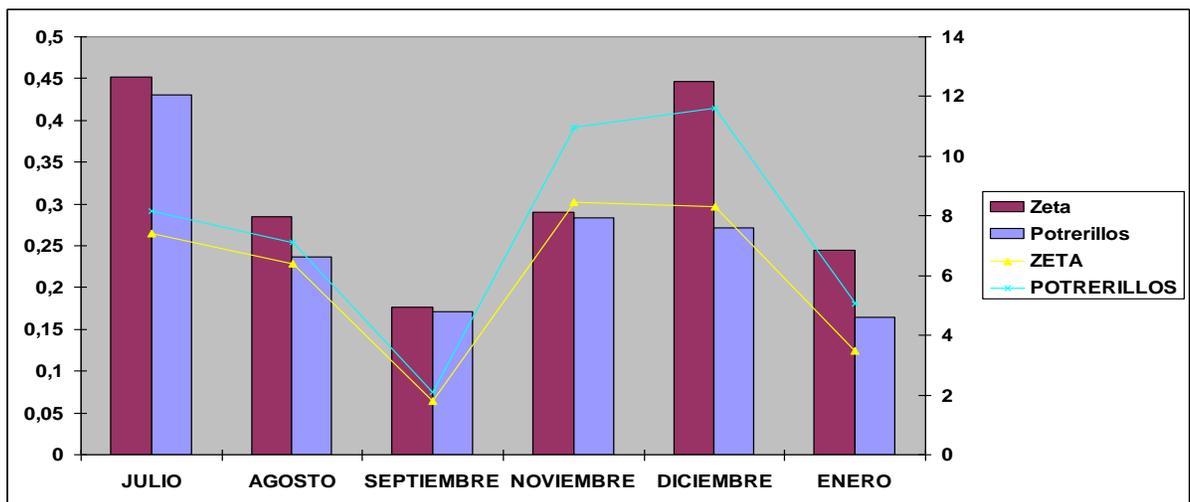


Figura 24. Comparación de los valores del ancho activo del cauce y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

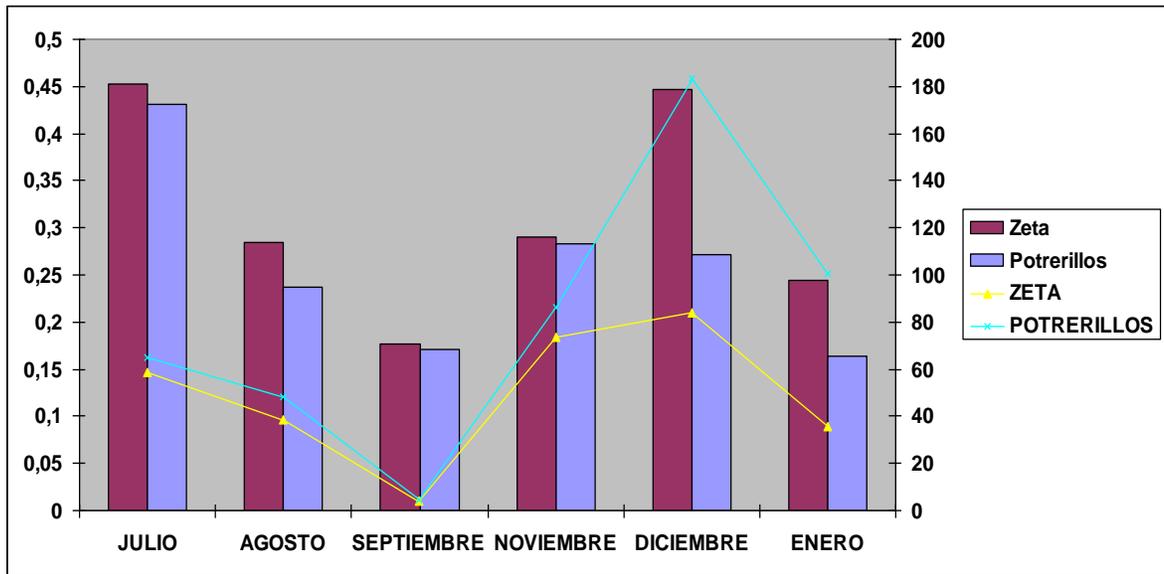


Figura 25. Comparación de los valores de caudal y la diversidad de tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.2. T° Ambiental e Hídrica y Diversidad de Tricópteros

Se encontró que hubo cierta relación entre la temperatura ambiental y la diversidad de tricópteros (**Figura 26**) ya que las épocas de mayor temperatura como septiembre, noviembre y enero presentaron menor diversidad de tricópteros. Sin embargo para la zona de La Zeta la temperatura parece no ser tan determinante como ocurrió en potrerillos, como se demuestra en el mes de septiembre donde la temperatura ambiental fue mas baja en La Zeta que en Potrerillos y aún así las diversidades fueron muy similares. Las razones por las cuales obtuvimos estos resultados pueden atribuirse a la hora en que fue tomada la temperatura ambiental (La Zeta, hora de la mañana y Potrerillos, hora de la tarde). Al igual que la temperatura ambiental, la temperatura hídrica también influyó sobre la comunidad de tricópteros siendo septiembre el mes con mayor temperatura para la zona de Potrerillos y el segundo mes para La Zeta, donde se presentó la menor diversidad (**Figura 27**).

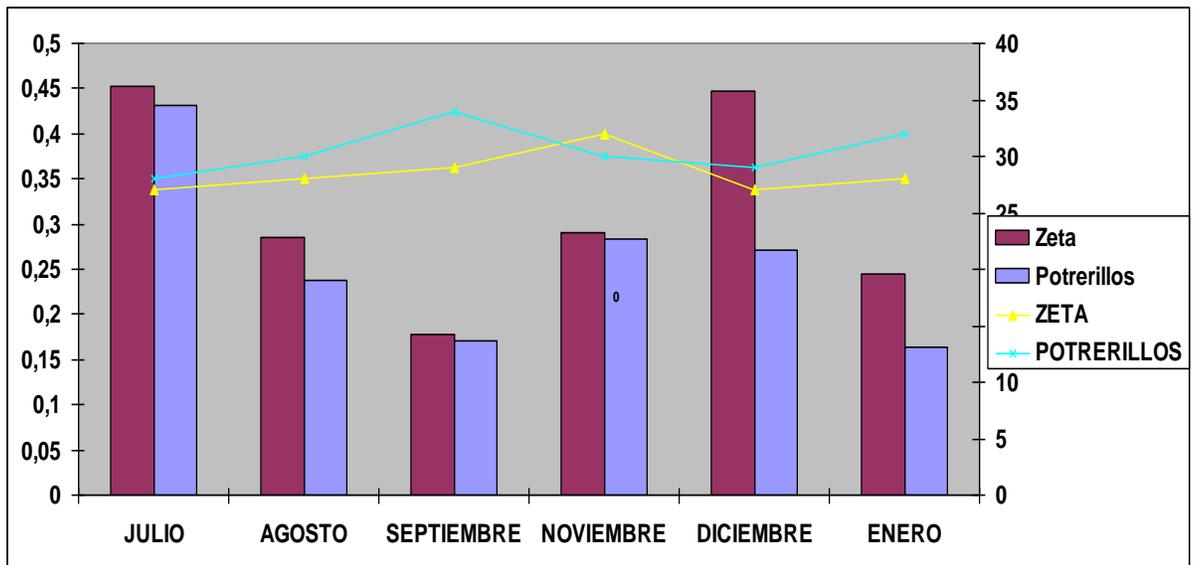


Figura 26. Comparación de la temperatura ambiental y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

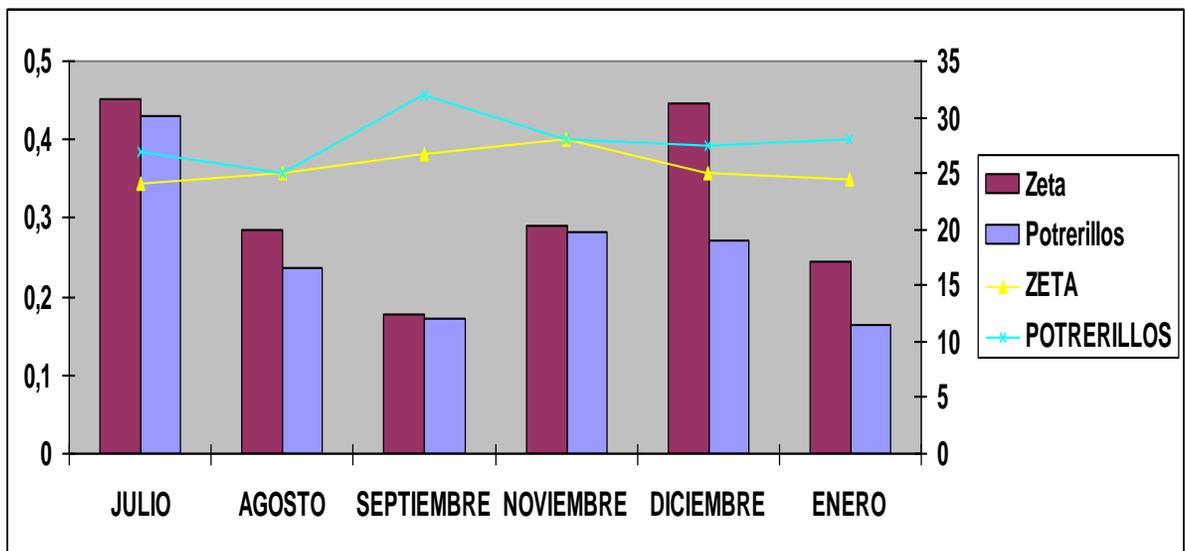


Figura 27. Comparación de la temperatura hídrica y la diversidad de tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.3. Conductividad umhos/cm2 y Diversidad de Tricópteros

Al realizar la comparación entre la conductividad y la diversidad de los tricópteros (**Figura 28**) pudimos observar que a medida que aumentaba la conductividad la diversidad de tricópteros se reducía, esto coincide con lo reportado por Roldan, (1992) que existe una relación inversa entre la diversidad biótica y la conductividad. Sin embargo, aunque la mayor conductividad se presentó en Zeta, la mayoría de los meses presentó una diversidad ligeramente mayor en comparación con Potrerillos, esto puede deberse a que otros factores podrían estar facilitando un incremento de individuos en La Zeta o limitándolo en el caso de Potrerillos.

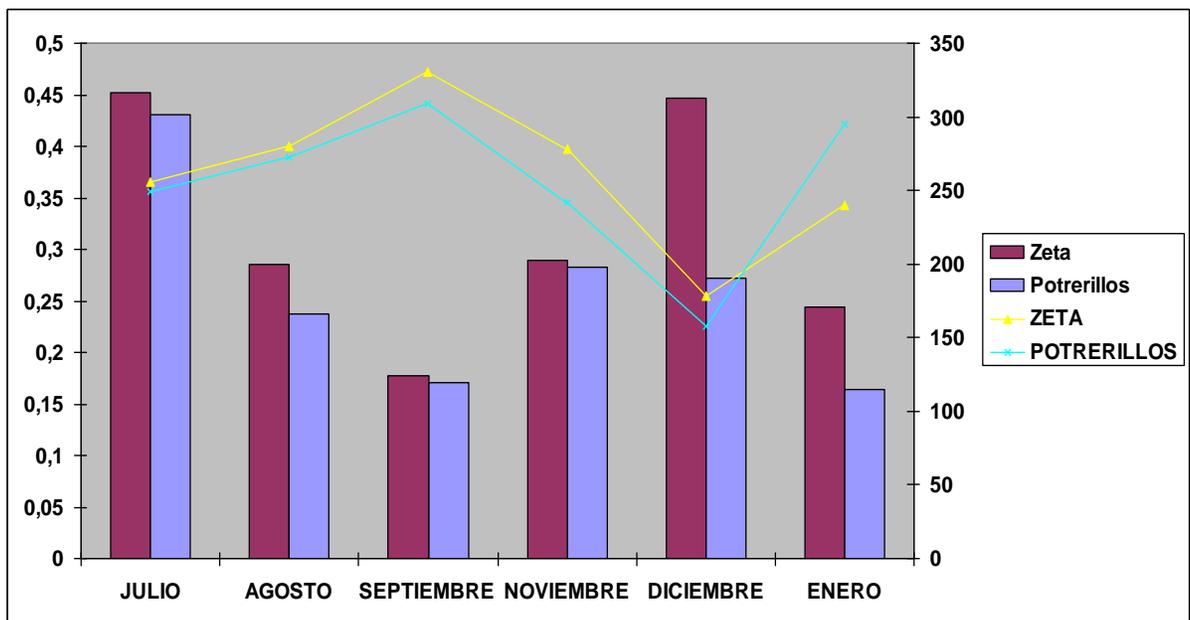


Figura 28. Comparación de los registros de conductividad y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo.

7.4.4. Oxígeno mg/L y Diversidad de Tricópteros

En el caso del Oxígeno y el Porcentaje de Saturación de Oxígeno (**Figuras 29 y 30**), se encontró que había una relación directa entre estos valores y los de diversidad, presentándose para el mes de septiembre los menores valores de Oxígeno y diversidad. Esto puede deberse a la estrecha relación entre la saturación de Oxígeno y la diversidad biológica, siendo este un elemento favorable cuando fue optima para casi todos los meses y un limitante cuando fue subsaturada en los meses de agosto y septiembre. Por otro lado, La Zeta tuvo la mayor cantidad de Oxígeno y diversidad en la mayoría de los meses a excepción de noviembre donde se registró una mayor cantidad y % de Oxígeno en Potrerillos que en La Zeta. Esto es posible por la mayor cobertura vegetal que tiene la parte de La Zeta que aumenta la concentración de nutrientes, reduce la temperatura, favoreciendo el crecimiento de fitoplancton lo que aumenta ligeramente la producción de oxígeno por fotosíntesis, y al mismo tiempo favorece el aprovechamiento de recursos por diferentes especies de Tricópteros.

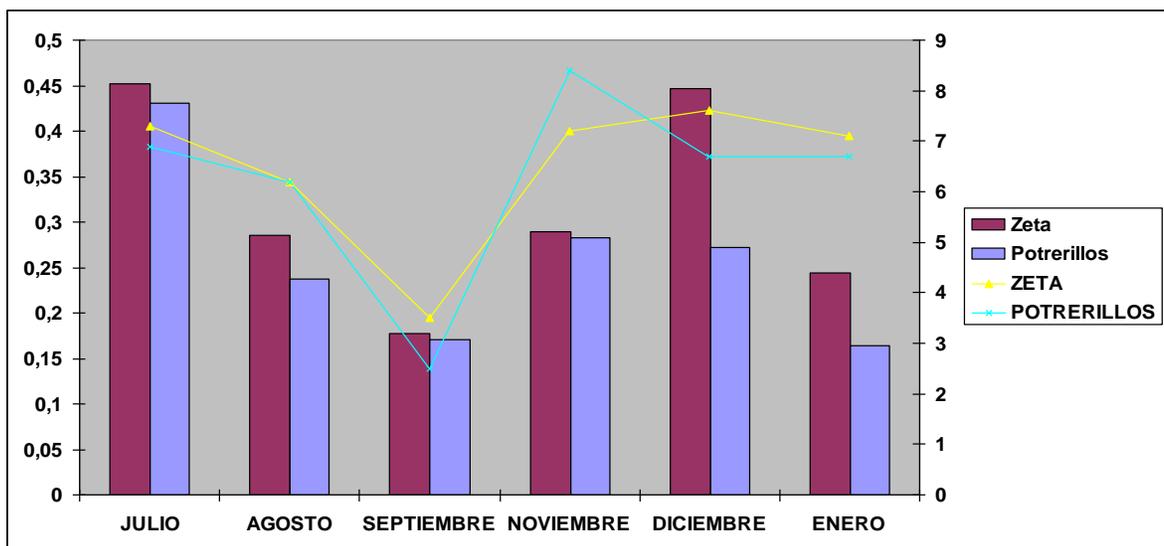


Figura 29. Comparación de la concentración de oxígeno y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

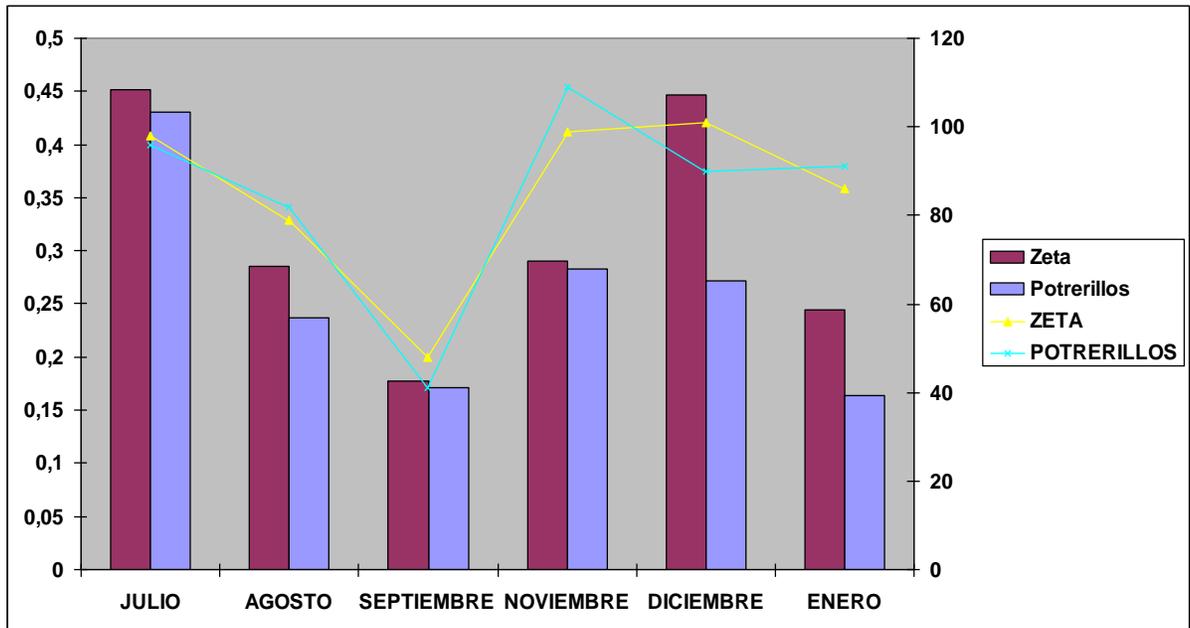


Figura 30. Comparación del % de saturación de oxígeno y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.5. Calcio mg/L, Dureza Total mg/L, Dureza Carbonacea mg/L y Diversidad de Tricópteros

Al observar las **Figuras 31, 32 y 33**, observamos que las variables fisicoquímicas de calcio y la dureza carbonacea, parecen no influir sobre la diversidad de los organismos, de la misma manera como no fueron influidas por los parámetros estacionales. Sin embargo la Dureza Total, sí muestra una clara influencia sobre la diversidad de tricópteros, coincidiendo los valores altos de dureza con la menor diversidad de organismos durante la época seca (septiembre), sobretodo en la comunidad de tricópteros de Potrerillos. Esto se debe seguramente al aumento en el desarrollo de algas que ocurrió principalmente en esta zona, lo que aumentó la cantidad de magnesio para la clorofila, generando así un aumento en los valores de dureza, y por otro lado en contraposición, se presentó una reducción en la diversidad de tricópteros. Ahora bien, esa reducción se debe posiblemente a que, como lo indican Motta y Uieda (2004), los géneros *Leptonema* y *Smicridia* se tornan herbívoros y carnívoros cuando llega la época seca, esto aunado a la alta

proliferación de estos individuos durante esta época, podría hacer que se transformen en fuertes competidores y/o depredadores de los demás géneros.

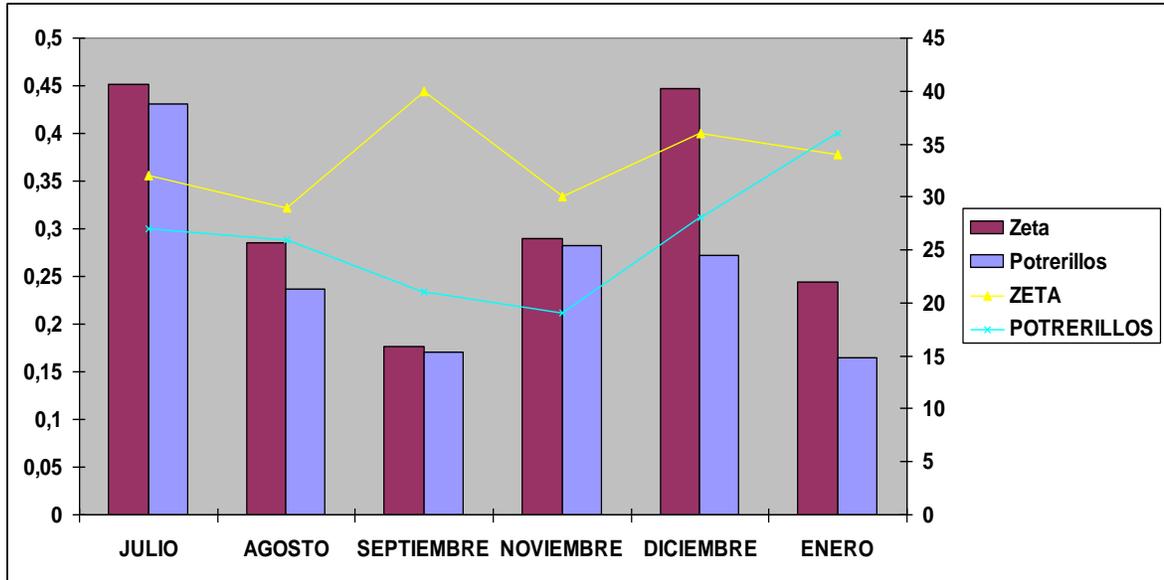


Figura 31. Comparación de la concentración de calcio y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

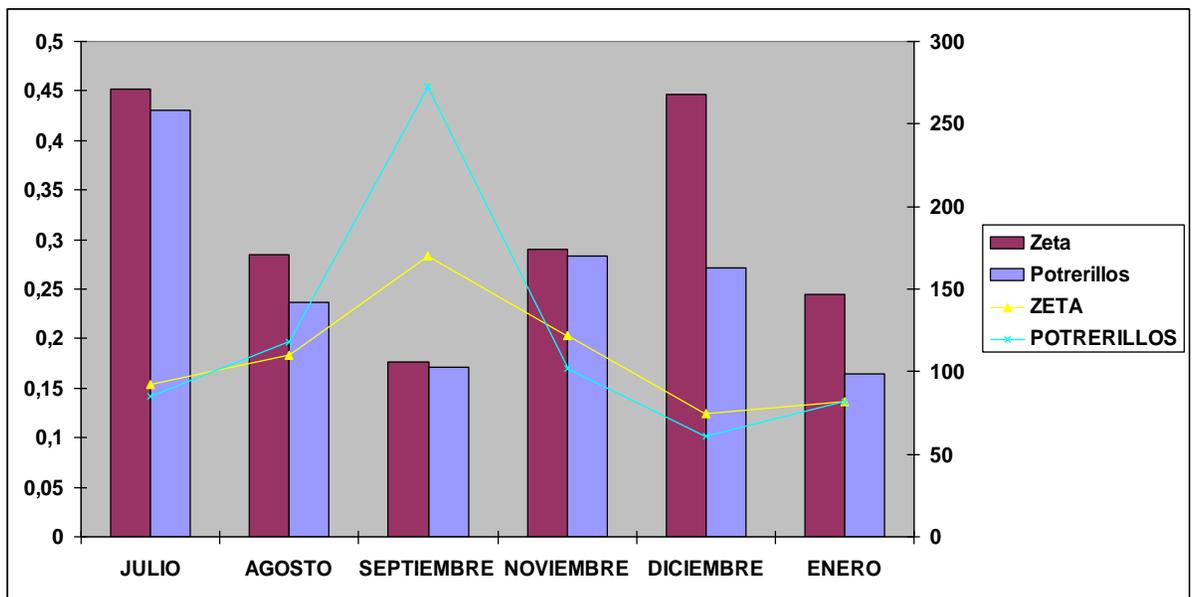


Figura 32. Comparación de los registros de dureza total y diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

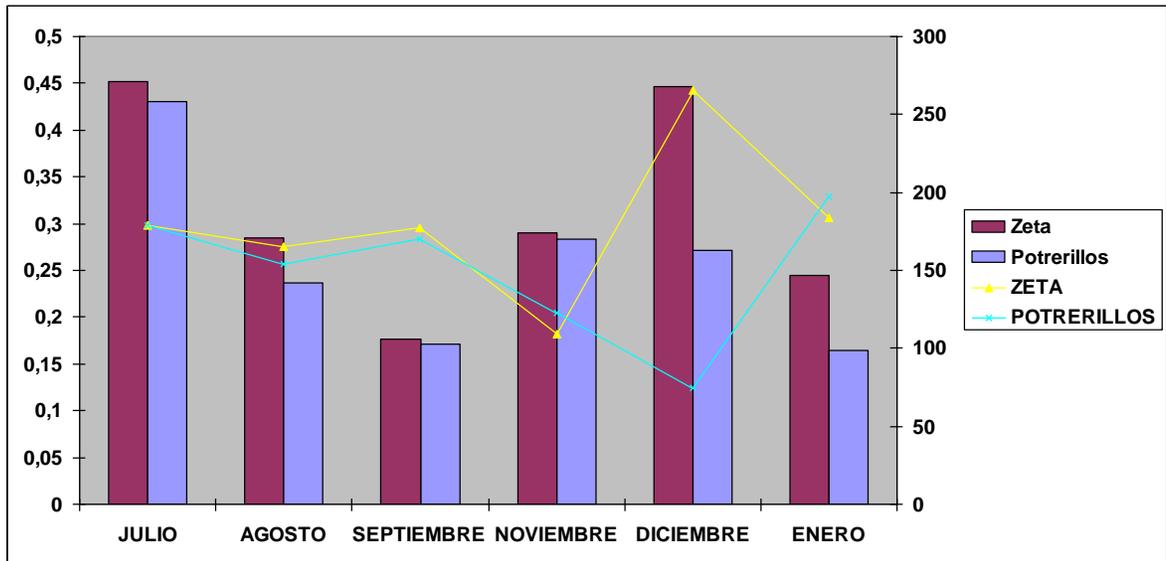


Figura 33. Comparación de los registros de dureza carbonácea y diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.6. Acidez mg/L y Diversidad de Tricópteros

Como se observa en la **Figura 34**, los valores de acidez que se registraron son bajos y por lo que podemos notar no parece afectar la diversidad de la comunidad de tricópteros ya que no sería limitante para el desarrollo larval.

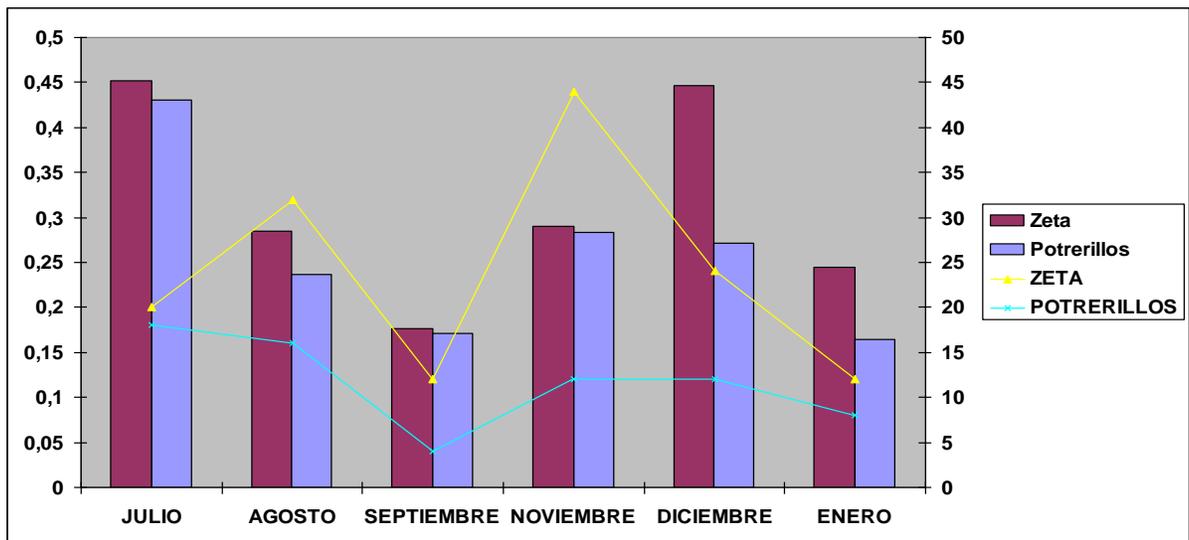


Figura 34. Comparación de la Acidez y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.7. CO₂ mg/L, pH y Alcalinidad mg/L y Diversidad de Tricópteros

Al comparar los valores de CO₂ con la diversidad de Tricópteros, se encontró una relación entre la cantidad de CO₂ y la diversidad, siendo al parecer óptimo para el desarrollo de la mayoría de los géneros en las épocas de lluvia y un limitante en las épocas secas para *Mortoniella*, *Atopsyche* y *Chimarra* (Figura 35). Sin embargo el hecho de que los valores de CO₂ de septiembre fueron extremos para las dos zonas, los más altos en Zeta y nulos en Potrerillos podría estar indicándonos que el CO₂ no parece ser directamente el responsable, aunque podría ser que *Leptonema* y *Smicridea* resisten amplias concentraciones de CO₂. Ahora bien, los valores de pH en ese mes en particular fueron altos, en especial para Potrerillos por la pérdida del CO₂ libre, lo que lo señala como el factor más relevante para la reducción de la diversidad. Aun así, es claro que la Quebrada posee una buena alcalinidad pues logró regular el pH y evitar una mayor desaparición de la biota acuática presente en este sitio.

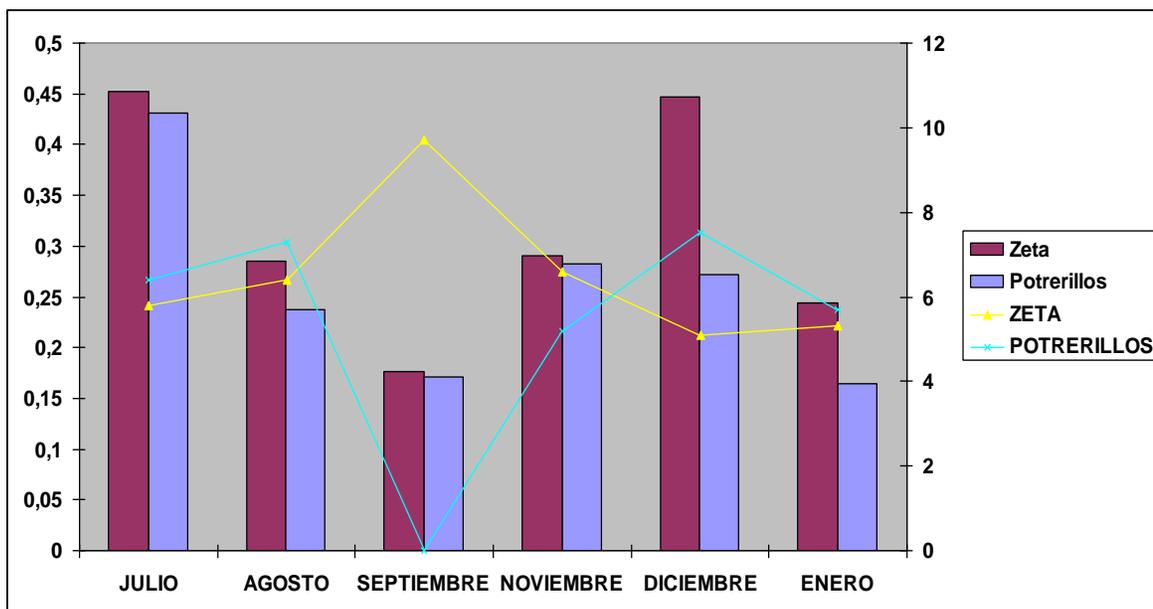


Figura 35. Comparación de la concentración de CO₂ y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

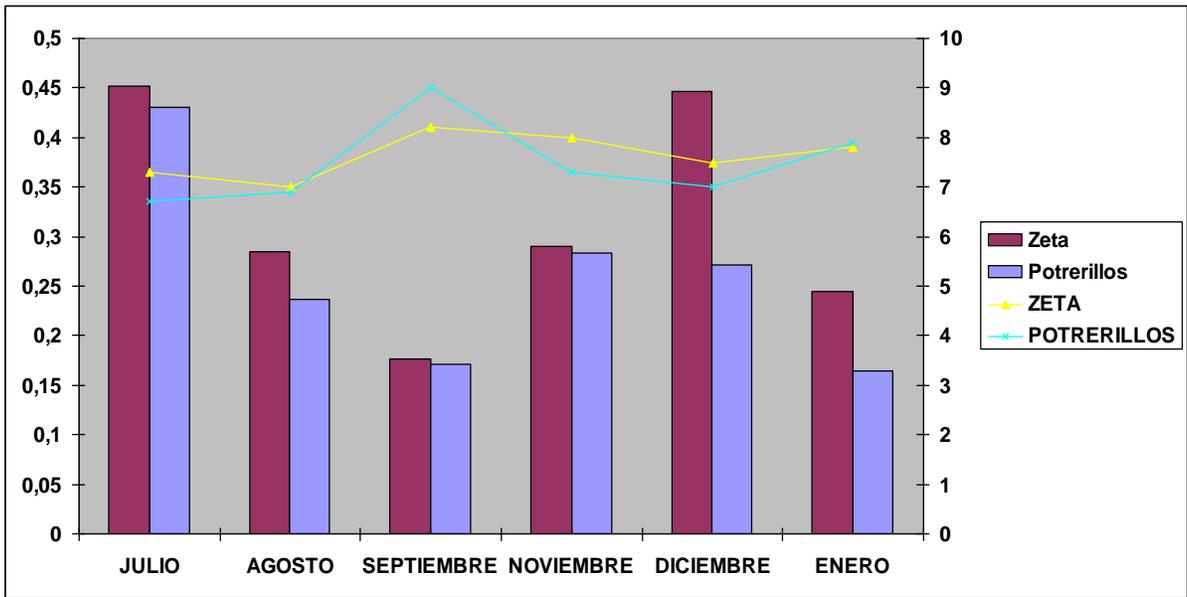


Figura 36. Comparación de los datos de pH y diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

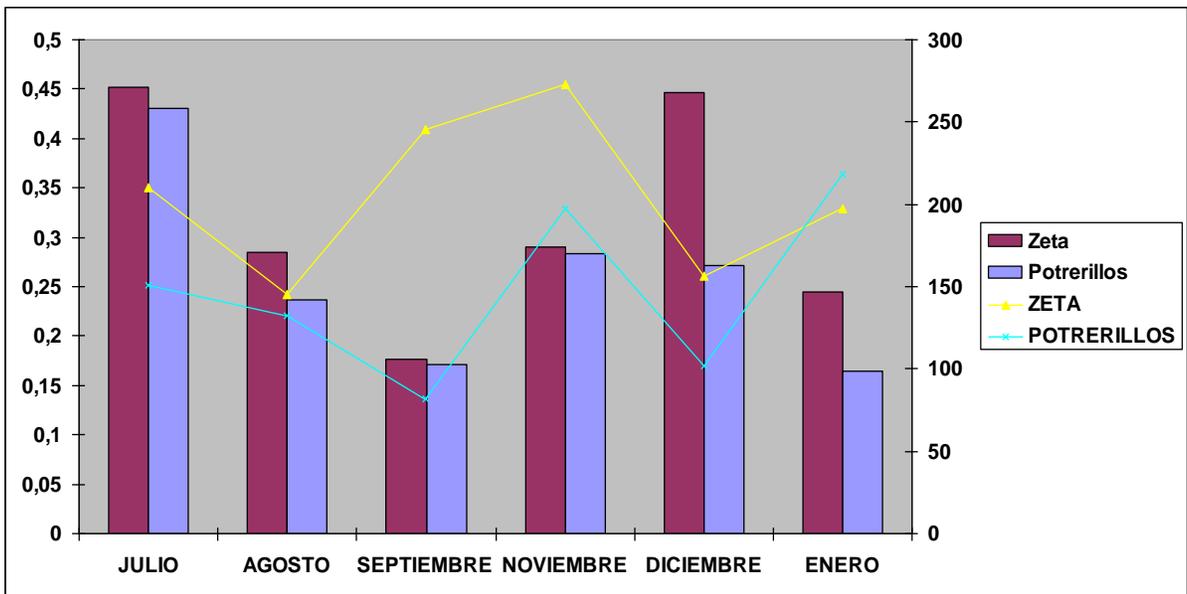


Figura 37. Comparación de los datos de alcalinidad y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

7.4.8. Nitratos mg/L y Diversidad de Tricópteros

Los valores registrados para el parámetro de nitratos se encuentran cercanos a los valores permitidos para el consumo humano (< 50 mg/L de NO₃ o < 10 mg/L de N). El nitrógeno es muy importante para el desarrollo de la biota y en altas cantidades puede desencadenar graves problemas sobre los ecosistemas acuáticos. Sin embargo estos valores no son limitantes para el desarrollo de la biota y las pequeñas variaciones encontradas parecen no ser significativas (Figura 38).

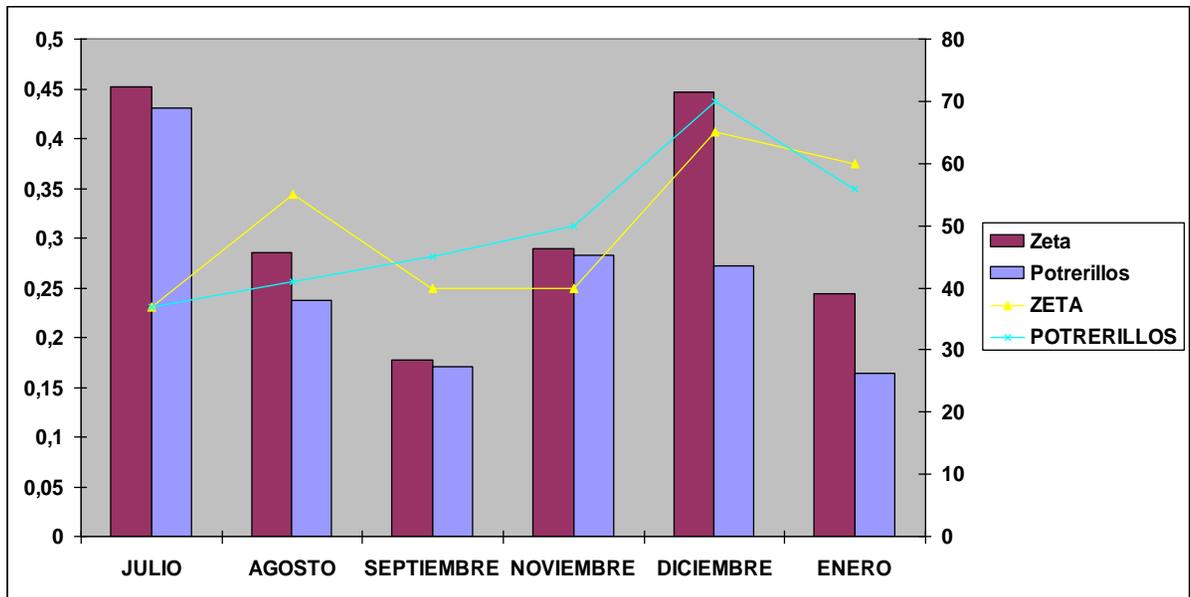


Figura 38. Comparación de los registros de nitratos y la diversidad de Tricópteros para las dos zonas de muestreo

8. CONCLUSIONES

- ❖ La comunidad de Tricópteros parece responder a las condiciones climáticas extremas que se presentan en la Quebrada Potrerillos, mediante la realización de cambios en su estructura y composición. Estas respuestas no fueron directas puesto que, en realidad, los cambios sobre la comunidad son una consecuencia de las alteraciones de las variables fisicoquímicas, las que a su vez son condicionadas por las fluctuaciones estacionales de la quebrada.
- ❖ El género más abundante que se observó en todas las épocas de muestreo fue *Leptonema* esto es debido a que ha logrado adquirir adaptaciones especiales; como el cambio alimenticio al tornarse carnívoros y herbívoros especialmente durante la época seca, la presencia de ganchos para colonizar ambientes corrientosos sobretodo en época de lluvia, controlando los niveles poblacionales, la alta resistencia a altos valores de pH y a concentraciones extremas de CO₂; que le permiten sobrevivir bajo algunas alteraciones que puedan presentarse en el lecho donde habita.
- ❖ La alta abundancia del género *Leptonema* en el mes de agosto, se debió seguramente al hecho de que durante la temporada seca en zonas templadas, acostumbran a aumentar su población de larvas, ya sea como medio de supervivencia, o para asegurar la emergencia sincronizada de los adultos, razón por la cual la abundancia se ve reducida cuando vuelven las lluvias.
- ❖ Teniendo en cuenta la estructura y comunidad de tricópteros que se encontró en la quebrada Potrerillos, se pudo determinar que la parte alta (La Zeta) y la parte baja (Potrerillos) del cauce son muy similares en términos de densidad y composición de géneros presentando mayor registro de individuos en la parte

baja de la quebrada, esto se debió seguramente al arrastre aguas abajo de los diferentes organismos y nutrientes.

- ❖ Los valores del índice de diversidad de Shannon estuvieron relativamente bajos, esto tal vez se debió en primera instancia a los cambios estacionales y al aumento del caudal que generaron alteraciones en las variables fisicoquímicas y esto hace que la alternativa de algunas especies sensibles sea adaptarse a las nuevas condiciones o morir. También se debe a la dominancia de los géneros *Leptonema* y *Smicridea* que tuvieron altos registros de individuos durante todo el muestreo.
- ❖ El análisis factorial univariante estaría indicando que la comunidad de Tricópteros presentó una variación temporal en la quebrada potreros, la cual depende en gran medida a los géneros a que pertenecen.
- ❖ La parte baja del cauce presentó mayor variación en las características fisicoquímicas del sitio debido a la penetración lumínica que fue más directa en esta zona por tener menor cobertura vegetal. Lo que se demuestra por la interacción entre la relación brillo solar sobre la precipitación y la inestabilidad de las variables fisicoquímicas que presentó el índice de Dubbois en la época seca.
- ❖ A medida que aumentan las condiciones extremas producidas por la sequía, muchos grupos como los géneros *Chimarra*, *Atopsyche* Y *Mortoniella* empiezan a desaparecer y solo los que han desarrollado estrategias de tolerancia, en este caso *Leptonema* y *Smicridea*, logran sobrevivir. Esto hace que las especies que diferencian las dos zonas desaparezcan y solo se mantengan las que tienen en común.

- ❖ En el mes de septiembre se presentaron valores extremos de CO₂ y pH en Potrerillos, puesto que no se registro CO₂ libre lo que aumento los valores de pH hasta 9, esto demuestra la gran capacidad de regulación que tiene la alta alcalinidad de la quebrada. Las razones para estos valores extremos se debieron a la gran acumulación de algas que consumieron todo el CO₂. Las variaciones de la dureza total en comparación con las de calcio y dureza carbonacea estarían demostrando la alta proliferación de ellas.
- ❖ Evidenciamos una relación directa en los parámetros fisicoquímicos como caudal, ancho activo, oxígeno; y una relación inversa entre temperatura ambiental e hídrica, dureza total, CO₂ y pH; con la diversidad de tricópteros. Por otro lado algunas variables aunque son importantes para el mantenimiento de la biota no fueron limitantes directos del desarrollo larval, es el caso de calcio, dureza carbonacea, alcalinidad y nitratos.

9. RECOMENDACIONES

- ❖ En un próximo estudio es recomendable hacer un análisis sobre la cantidad de biomasa disponible en cada una de las zonas, para entender un poco más el comportamiento de estos organismos en cuanto a la disponibilidad de alimento. Para ello, se podría realizar una mejor colecta utilizando la red de Surber donde se especifica cuantos individuos hay por metro cuadrado. También ampliar un poco más las variables fisicoquímicas donde se incluyan parámetros como turbidez, demanda química de oxígeno (DQO) y carbono orgánico total.
- ❖ Sería conveniente realizar este mismo tipo de estudio con otros órdenes de macroinvertebrados acuáticos para realizar un análisis más profundo para cada uno de estos y saber cómo es su comportamiento frente a el estrés hídrico que siempre se está presentando en esta quebrada.
- ❖ Debido a que los estudios de macroinvertebrados son muy pocos, debemos impulsar el estudio de estos organismos que son bioindicadores muy importantes expandiéndose a todo el territorio Colombiano sobre sus diferentes pisos altitudinales y variabilidad de climas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. En: IV simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería. ISBN 84-7840-262-4. Vol 2: 203-213.
- ❖ Boulton A. & Brock M. 1999. Australian Freshwater Ecology. Processes and Management. Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, 250 pp.
- ❖ Boulton A. & Lake P. 1992. Benthic organic matter and detritivorous macroinvertebrates in two intermittent streams in south-eastern Australia. *Hydrobiologia*, 241: 107-118.
- ❖ Boyd, C. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham, Alabama: AuburnUniversity- Printed by Birmingham Publishing Co., 482 p.
- ❖ Brown A. & Brussock, P. 1991. Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools. In : *Hydrobiologia*. 220: 99 – 108.
- ❖ Comin, E. & Williams W. 1994. Parched continents: Our common future?. In: *Limnology now: A paradigm of Planetary Problems*. Margalef, R. (ed.): 473-527. Elsevier Sc. B.V.
- ❖ Consejería del medio ambiente Junta de Andalucía. 2005. Tipificación e inventario de las riberas de Andalucía. En: Plan director de riberas de Andalucía. 20 p.

- ❖ Díaz J. & Ortiz G. 2008. Variación de la comunidad de algas perifíticas del cuerpo de agua intermitente “Potrerillo”, vereda Potrerillos, Municipio del Patía, Departamento del Cauca.
- ❖ Fernández, H. & Domínguez E. 2001. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: una guía práctica. Serie Investigaciones de la U.N.T. Subserie: Ciencias Exactas y Naturales, Vol 1. 282 pp. Eudet. Universidad Nacional de Tucumán.
- ❖ Flint O, Holzenthal R, HARRIS S. 1999. Catalog of neotropical caddisflies (Insecta: Trichoptera). Ohio biological survey. Columbus, Ohio EEUU. p. 239.
- ❖ García D, González M. 1986. Métodos biológicos para el estudio de la calidad de las aguas. Aplicación a la cuenca del Duero. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. ICONA monografía 45. Madrid (España). p. 245.
- ❖ Gasith A. & Resh V. 1999. Streams in mediterranea climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. In: Annual Review of Ecology and Systematics. 30: 51-82.
- ❖ Guisande G., Felpeto B., Maneiro E., Alarcón R., Vergara C., Vaamonde L. 2006. Tratamiento de datos. Ed. Díaz de Santos. España. 351p.
- ❖ Holdridge, 1978. Ecología basada en las zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica.
- ❖ Holzenthal, R. & Blahnik R. 2001. Trichoptera. Caddisflies. <http://phylogeny.arizona.edu/tree/eukaryotes/animals/arthropoda/hexapoda/endopterygota.html>

- ❖ Hynes H. 1972. The ecology of running waters. University of Toronto Press. Ontario.

- ❖ IDEAM. 2005. Seguimiento de El Niño en Colombia. Informe No. 2. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>

- ❖ IDEAM. 2008. Seguimiento de El Niño en Colombia. Informe No. 5. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>

- ❖ Likens, E. 1999. Afterword: Reflections and needs. In: arid lands management. Toward ecological sustainability eds. Hoekstra, T.W. and Shachak, M., University of Illinois Press y Internacional Arid lands Consortium, Urbana y Chicago, USA. 269-272 p.

- ❖ Logan N., & Brooker M. 1983. Macroinvertebrate faunas of riffle and pools. In: Water Research. 17 (3): 263 – 270.

- ❖ Longo M. 2007. Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y determinación de las características físicas y químicas durante el ciclo anual en un río intermitente. Universidad del Cauca. Pág.15-40.

- ❖ Mackay R. & Wiggins G. 1979. Ecological diversity in Trichoptera. Ann. Rev. Entomol. 24: 185-208.

- ❖ Magurran, A. 2004. Measuring the Biological Diversity. Blackwell Publishing Company. Carleton Australia. 256p.

- ❖ McCafferty W., & Provonsha A. 1978. Aquatic Entomology. Science Books International. Boston, Massachusetts.

- ❖ Merrit W. & Cummins K. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America (3ra Ed.) Kendall- Hunt, Dubuque, 862pp. Bogotá.
- ❖ Morse, J. 1997. Checklist of world Trichoptera pp. 339-342 in: R. W. Holzenthal & O. S. Flint, Jr. (eds.). Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Colombus, Ohio.
- ❖ Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad, M&T-manuales y tesis SEA. Volumen 1. Zaragoza (España). 84p.
- ❖ Motta, R. & Uieda, V. 2004. Diet and trophic groups of an aquatic insect Community in a tropical stream. Departamento de Zoología, Instituto de Biociências, Universidad de Estadual Paulista, C.P. 510, CEP 18618-000, Botucatu, SP, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 64(4): 809-817,.
- ❖ Muñoz I. 2003. Macroinvertebrate community structure in an intermittent and a permanent Mediterranean streams (NE Spain). *Limnetica* 22(3-4): 107-116.
- ❖ Muñoz-Quesada, F. 2000. Especies del orden Trichoptera (Insecta) en Colombia. *Biota Colombiana* 1. (3): 267-288.
- ❖ Pires A., Cowx I., Coelho M. 2000. Benthic macroinvertebrate communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin. Portugal. *Hydrobiologia* CODEN HYDRB8. Vol. 435, pp. 167-175 (1 p.1/4).
- ❖ Posada J. & Roldan G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el nor-occidente de Colombia. Instituto de Biología. Universidad de Antioquia. *Caldasia* 25(1): 169-192.

- ❖ Quintero A. & Rojas, M. 1987. Aspectos Bioecológicos del orden Trichoptera y su relación con la calidad del agua. *Revista Colombiana de Entomología*. 13 (1): 26-28.
- ❖ Rangel C. Orlando, Lowy P. Aguilar M. 1997. Colombia diversidad biótica II: Tipos de vegetación en Colombia. Editorial Guadalupe Ltda. Universidad Nacional. Bogota- Colombia. Pág. 42- 400.
- ❖ Rincón M. 1999. Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de Tricópteros en la cordillera oriental (Colombia). *Insectos de Colombia vol.II*. Academia colombiana de ciencias físicas y naturales 1997. Departamento de biología universidad pedagógica nacional Santa fe de Bogotá Colombia.
- ❖ Rivera-Usme J., Camacho-Pinzón D. & Botero-Botero A. 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No.2, 133 – 146.
- ❖ Roldan, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN-Colombia. Ed. Presencia. Bogotá. 217 p.
- ❖ Sawyer C. & McCarty P. 1967. *Chemistry for sanitary engineers*. McGraw-Hill Book Company, N.Y.
- ❖ Silveira M., Buss D., Nessimian J. & Baptista D. 2006. Spatial and temporal distribution of Benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *In: Brazilian Journal of Biology*. 66 (2B): 623 – 632.

- ❖ Springer M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera. (Insecta) de Costa Rica Rev. Biol. Trop. Vol. 54 (Suppl. 1): 273-286.

- ❖ Vásquez G. 1992. "Evaluación de la calidad de las aguas naturales" significado y alcances en la determinación y análisis de parámetros físicos-químicos-biológicos fundamentales. Guía de clases. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca.

- ❖ Vannote R., Minshall G., Cummins J., Sedell K., & Cushing C. 1980. The river continuum concept. *Canad. J. fish Aquatic. Soci.* 37:130-137.

- ❖ Vidal-Abarca M., Suárez M., Moreno J., Gómez R., Sánchez I. 2000. Hidroquímica de un Río de características semiáridas (Río Chicamo; España). Análisis espacio-temporal. *Limnética* 18:57-73.

- ❖ Wiggins G. 1977. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). University of Toronto Press. Toronto.

- ❖ Wiggins G. 1984. Trichoptera. En: Merritt, R.W. and Cummins, K.W. (editor) An Introduction to the aquatic insects of North America. Second edition. Kendall-Hunt Publishing Company. Iowa, United States of America. P. 271-311.

- ❖ Wiggins G. & Wichard W. 1989. Phylogeny of pupation in Trichoptera, with proposals on the origin and higher classification of the order. *Journal of the North American Benthological Society* 8(3): 260-276.

- ❖ Zúñiga M. 1985. Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico. *Revista Ainsa.* 8:63-85.

ANEXO 1

Fotografías de los Diferentes Géneros de Tricópteros Colectados



MORTONIELLA



CHIMARRA



LEPTONEMA



ATOPSYCHE



SMICRIDEA

