

**ANÁLISIS FAUNÍSTICO DE LAS LARVAS DE INSECTOS DEL ORDEN TRICHOPTERA
EN LA CUENCA DEL RIO ALVARADO, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

EDISON JAHIR DUARTE RAMOS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

**Directora:
M.Sc. GLADYS REINOSO FLÓREZ
Docente Departamento de Biología
Facultad de Ciencias**

**Co-director:
M.Sc. JESUS MANUEL VÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA DE BIOLOGIA
IBAGUE-TOLIMA
2014**



**FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS FAUNÍSTICO DE LAS LARVAS DE INSECTOS DEL ORDEN TRICHOPTERA EN LA CUENCA DEL RIO ALVARADO, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

AUTORES: EDISON JAHIR DUARTE RAMOS

DIRECTOR: GLADYS REINOSO FLOREZ

JURADOS: GIOVANY GUEVARA Y EDWIN ORLANDO LÓPEZ

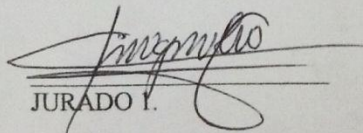
CALIFICACIÓN: 4.5 (cuatro cinco)

APROBADO

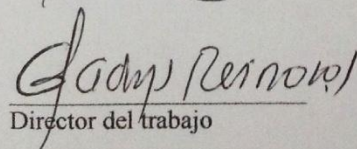
REPROBADO

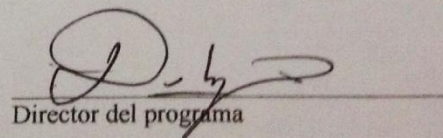
OBSERVACIONES:

FIRMAS


JURADO 1.

Edwin O. López D.
JURADO 2.


Director del trabajo


Director del programa

Ciudad y fecha: Ibagué, 8 Agosto 2014

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de investigación en Zoología por el apoyo y acompañamiento en todas las etapas de este proceso.

A la profesora Gladys Reinoso por su apoyo enseñanzas y paciencia y permitir que este trabajo fuera posible.

Al comité central de Investigaciones por el financiamiento otorgado.

Al programa de Biología y la Universidad del Tolima por la formación académica.

A mi familia por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	18
1 OBJETIVOS.....	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2 MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1 ANTECEDENTES	21
2.2 MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1 Ecosistema Acuático	28
2.2.2 Orden Trichoptera	28
3 METODOLOGÍA.....	33
3.1 METODOS DE CAMPO	33
3.1.1 Área de estudio	33
3.1.2 Estaciones de muestreo.....	34
3.1.3 Colecta de material biológico	34
3.1.4 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.....	35
3.2 METODOS DE LABORATORIO	35
3.2.1 Determinación del material Biológico	35
3.2.2 Análisis fisicoquímicos	36
3.3 ANALISIS DE INFORMACION.....	36
3.3.1 Abundancia relativa.....	36
3.3.2 Índices ecológicos	37

3.3.3 Análisis estadístico de variables fisicoquímicas	38
4 RESULTADOS.....	40
4.1 Parámetros Biológicos	40
4.2 Distribución Espacial.....	40
4.3 Distribución Altitudinal	44
4.4 Distribución Temporal	46
4.5 Abundancia por Sustratos	49
4.6 Índices ecológicos	52
4.7 Variables fisicoquímicas	58
4.8 Análisis de Varianza.....	67
4.9 Análisis Multivariado.....	68
4.9.1 Análisis de Componentes Principales	68
4.9.2 Análisis de Correspondencia canónica	71
5 DISCUSIÓN.....	74
5.1 Parámetros Biológicos	74
5.2 Abundancia del Orden.....	75
5.3 Distribución Espacial.....	77
5.4 Distribución altitudinal	79
5.5 Distribución Temporal	81
5.6 Abundancia por Sustratos	83
5.7 Índices Ecológicos.....	84
5.8 Variables fisicoquímicas	89
6 CONCLUSIONES.....	93

7 RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	96
ANEXOS	
.....	1098

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Trabajos efectuados sobre el orden Trichoptera.....	21
Tabla 2. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado durante Septiembre y Diciembre de 2012.	34
Tabla 3. Metodología utilizada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.	36
Tabla 4. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados para la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	41
Tabla 5. Distribución espacial y abundancia relativa de los tricópteros registrados en la cuenca de río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	43
Tabla 6. Taxones del orden Trichoptera registrados para la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	47
Tabla 7. Abundancia relativa de tricópteros en los sustratos evaluados de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	52
Tabla 8. Variación Temporal de los índices de Riqueza de Margalef (D'), Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Dominancia de Simpson (λ) en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	53
Tabla 9. Valores propios y porcentaje de variación total en el ACP para las variables fisicoquímica analizadas en las 9 estaciones del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	68

Tabla 10. Contribución absoluta de las variables a los factores F1 y F2 en el ACP para las variables fisicoquímica analizadas en las 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	69
Tabla 11. Efectos condicionantes de las variables fisicoquímicas en la cuenca del río Alvarado (septiembre y diciembre 2012).	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cuenca del río Alvarado, Tolima.	33
Figura 2. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en la 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	42
Figura 3. Distribución altitudinal de las familias de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	44
Figura 4. Distribución altitudinal de los géneros de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	45
Figura 5. Distribución Temporal de los tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	46
Figura 6. Distribución Temporal de las familias de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	48
Figura 7. Distribución Temporal de los géneros de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	49
Figura 8. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en los 4 sustratos de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	50

Figura 9. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en los 4 sustratos de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.	51
Figura 10. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	54
Figura 11. Índice de riqueza de Margalef para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	55
Figura 12. Índice de dominancia de Simpson para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	56
Figura 13. Índice de Similitud de Jaccard para las 9 estaciones en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	57
Figura 14. Comportamiento de la temperatura del agua en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	58
Figura 15. Fluctuaciones del pH en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	59
Figura 16. Comportamiento de la conductividad eléctrica en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	60
Figura 17. Comportamiento de la turbidez en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	60
Figura 18. Fluctuaciones del oxígeno disponible en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012	61

Figura 19. Comportamiento de los sólidos totales en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	62
Figura 20. Fluctuaciones de la DQO en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	62
Figura 21. Comportamiento de los nitratos en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	63
Figura 22. Comportamiento de los fosfatos en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	64
Figura 23. Comportamiento de los cloruros en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	65
Figura 24. Comportamiento de la alcalinidad en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	65
Figura 25. Comportamiento de la dureza en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	66
Figura 26. Comportamiento de los coliformes totales en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.....	67
Figura 27. Biplot 1X2 del ACP de los parámetros fisicoquímicos registrados en las estaciones de muestreo del río Alvarado.....	70
Figura 28. Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo del río Alvarado en cada componente.....	71

Figura 29. Diagrama de ordenación de ACC entre las variables fisicoquímicas y los tricópteros en las estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado (septiembre y diciembre 2012). 73

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Caracterización de las nueve estaciones de muestreo evaluadas en la cuenca del río Alvarado durante los meses de septiembre y diciembre de 2012.....	110
Anexo B . Matriz de presencia-ausencia de los taxones encontrados para el análisis de Similaridad de Jaccard de las estaciones muestreadas en la cuenca del rio Alvarado.	112
Anexo C. Resultados de los Parámetros fisicoquímicos analizados para las estaciones de muestreo en la cuenca del rio Alvarado para el mes de Septiembre (2012).	113
Anexo D. Resultados de los Parámetros fisicoquímicos analizados para las estaciones de muestreo en la cuenca del rio Alvarado para el mes de Diciembre (2012).	113
Anexo E. Resultados de la prueba de normalidad y homogeneidad para las variables fisicoquímicas evaluadas en las estaciones del rio Alvarado	114
Anexo F. Registro fotográfico de los organismos del orden Trichoptera colectados en la cuenca del rio Alvarado.....	115

RESUMEN

El orden Trichoptera es de gran importancia en la dinámica de los ecosistemas acuáticos ya que constituyen unos de los pilares de la cadena trófica y presentan un rango variable de tolerancia a las condiciones ambientales. Durante dos periodos hidrológicos septiembre y diciembre se desarrolló la colecta de individuos en 9 estaciones a lo largo de la cuenca del río Alvarado, teniendo en cuenta tramos impactados y no impactados por la urbanización y la agricultura, con el fin de evaluar la composición y estructura de la comunidad de tricópteros y aspectos referentes a la ecología, distribución espacial y temporal de sus comunidades en esta cuenca. La colecta de organismos se realizó con red Surber, en diferentes sustratos (roca, arena, grava-guijarro y hojarasca). Se registraron datos *in situ* de velocidad, temperatura ambiente y del agua, pH y oxígeno disuelto en el agua, además se tomaron muestras de agua para análisis fisicoquímicos en el Laboratorio de aguas de la Universidad del Tolima (LASEREX). Se colectaron 1234 especímenes, correspondientes a 8 familias y 17 géneros. La familia Hydropsychidae registró la mayor abundancia (60,6%), mientras que las familias menos representativas fueron Glossosomatidae (1.1%) e Hydrobiosidae (0.1%). Los géneros más abundantes fueron *Smicridea* (51.5%), *Hydroptila* (11,3%), y *Leptonema* (9.1%), *Atopsyche* (0.1%) presentó la menor abundancia. Respecto a la distribución espacial *Leptonema* y *Smicridea* se registraron en las 9 estaciones evaluadas, desde 351 a 1057 msnm, registrándose en un amplio rango, mientras que *Atopsyche* (1057 msnm), *Protophila* (574 msnm) y *Zumatrichia* (977 msnm) presentaron un rango altitudinal restringido. Temporalmente se presentó mayor abundancia de organismos en el mes de septiembre (pico de lluvias) (60.1%), siendo la familia Hydropsychidae la más dominante en ambos periodos de muestreo. De otra parte, con relación a los sustrato se encontró que grava presentó mayor porcentaje de organismos (37.7%), mientras que arena el menor (12%). De las 9 estaciones evaluadas, Quebrada Chumba reveló la mayor diversidad (1.82 H'), Río Alvarado Chucuni (0.57 H') la menor. La mayor riqueza de Margalef se registró en la Quebrada Cocare (D'=2.41) y la menor en Río Alvarado Chucuni (D'=0.72). El análisis de similitud (Jaccard) define el grupo con mayor similitud al conformado por Quebrada la Chumba y

Cocare (70 %), por otro lado la Quebrada Chembe presentó el mayor grado de disimilitud con 35%. El análisis de correspondencia canónica permitió visualizar la relación existente entre algunos géneros de tricópteros con las estaciones de muestreo y las variables fisicoquímicas evaluadas en la cuenca del río Alvarado. Se observa que en las estaciones Rio Alvarado Chucuni y Puente el género *Protophila* está asociado con las variables fosfatos y DQO; los géneros *Hydrophila* y *Mortoniella* se encuentran próximos a las estaciones Rio Alvarado Caldas Viejo y Quebrada La Caima y están influenciados por las variables oxígeno disuelto, velocidad media, alcalinidad y pH.

Palabras clave: Trichoptera, Rio Alvarado, Diversidad, Distribución Altitudinal

SUMARY

Trichoptera are very important in the dynamics of aquatic ecosystems as they constitute one of the pillars of the food chain and have a variable range of tolerance to environmental conditions. For two hydrological periods September and December the collection of individuals in 9 stations along the river basin development Alvarado, considering impacted sections and not impacted by urbanization and agriculture: In order to evaluate the composition and community structure of caddisflies and their aspects concerning ecology and taxonomy of this group for the spatial and temporal distribution of their communities in the basin. The collection of individuals was done with the Surber network. The characteristics of the sampling points are described in a note sheet. In Situ were measured speed, ambient and water temperature pH and dissolved oxygen; as well, water samples for physicochemical analysis were taken and sent to the laboratory. 1234 individuals, corresponding to 8 families and 17 genera were collected. The family Hydropsychidae registered the highest abundance (60.6%), whereas Glossosomatidae (1.1%) and Hydrobiosidae (0.1%) were the lowest in abundance. The most abundant genres were *Smicridea* (51.5%), *Hydroptila* (11.3%), and *Leptonema* (9.1%). *Leptonema* and *Smicridea* had a wide range of distribution, they were found in the 9 locations from 351 to 1057 m, while genres *Atopsyche* (1057 m), *Protoptila* (574 m) and *Zumatrichia* (977 m) had a restricted altitudinal range. As regards temporality present in greater abundance in September (60.1%), being the most dominant Hydropsychidae both sampling periods family. the gravel substrate showed higher percentage of agencies (37.7%), while the lower sand substrate (12%). The location with the greatest diversity was broken Chumba (1.82 H ') and the least diverse was the river Alvarado Chucuni (0.57 H'). Most Margalef richness was recorded in Cocare gorge ($D' = 2.41$) and the lowest in the river Alvarado Chucuni ($D' = 0.72$). Analysis of similarity (Jaccard) defines the group with the highest similarity to the gorge formed by Chucuni and Cocare (70%), on the other hand Chembe broken exhibits the highest degree of dissimilarity with 35%. analysis of the physicochemical parameters shows that less abundant genera are influenced by these variables while the most dominant and most abundant genera are not influenced by these factors. The canonical

correspondence analysis allowed us to visualize the relationship between some genera of caddisflies with the sampling stations and the physicochemical variables evaluated in the Alvarado river basin. It is observed that the stations and Bridge Rio Alvarado Chucuni *Protophila* genre associated with the phosphate and COD variables; *Mortoniella* and *Hydroptila* genres are close to stations Rio Viejo Caldas Alvarado and Quebrada La Caima and are influenced by variables dissolved oxygen, average speed, alkalinity and pH.

Keywords: Trichoptera, Alvarado River, Diversity, Altitudinal Distribution

INTRODUCCION

A través del tiempo la modificación del recurso hídrico se ve reflejada en altos índices de contaminación, el deterioro progresivo de éste recurso tiene importantes consecuencias en el mantenimiento de las comunidades biológicas, ya que estos ambientes sustentan innumerables poblaciones de seres vivos (Buss, Baptista, Nessimian & Egler. 2004). Entre más afectación tenga este recurso, se acelerarán los procesos de extinción de la biota que alberga, por esta razón es imprescindible desarrollar planes, programas y todo tipo de estrategias que puedan subsanar la inminente catástrofe que se aproxima. Entre los macroinvertebrados acuáticos el orden Trichoptera es catalogado como grupo potencial bioindicador debido a su extensa distribución y adaptación a diferentes variables físicas, químicas y biológicas (Merrit, Cummings & Bert, 2008), gracias a estas importantes características se hace necesario realizar estudios específicos para entender su biología y ecología, con el fin de poder usar su potencial en planes de manejo y mitigación de efectos del cambio climático (Zuñiga, Rojas & Serrato, 1994).

Los tricópteros son de gran importancia en la dinámica de los ecosistemas acuáticos dado que son consumidores primarios por tanto constituyen unos de los pilares de la cadena trófica (Holzenthall, Blahnik, Prather & Kjer, 2007). Otro aspecto importante es su variable rango de tolerancia a las condiciones ecológicas, algunos organismos pueden ser ampliamente tolerantes a las modificaciones ambientales lo que ha permitido gran parte de su diversificación y colonización, mientras que otras especies tienen un estrecho rango de permisibilidad a las condiciones ecológicas y suelen ser sensibles a los cambios ambientales, esto deriva su importancia ya que se les considera potenciales bioindicadores de la calidad del agua, por lo que muchos de los estudios realizados se han encaminado a este propósito (Flint, Holzenthall & Harris, 1999).

Los estudios de los tricópteros han sido muchos y muy variados pero aún se desconocen algunos aspectos referentes a su taxonomía especialmente en el

neotropico, donde surgen nuevas especies constantemente, a pesar de la amplitud de conocimiento que se tiene de este orden es de suma importancia continuar con estudios relacionados con su biología y ecología (Guevara 2004). En el Tolima son muchas las fuentes hídricas que recorren su extensión, algunas de ellas se encuentran muy deterioradas debido al mal manejo de este recurso en actividades agrícolas, industriales y domésticas, lo cual modifica considerablemente las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua (Forero, 2011), por esta razón es imprescindible continuar con los esfuerzos de investigación con el propósito de buscar alternativas para el aprovechamiento óptimo del recurso y mantenimiento de la biota, para ello es de suma importancia evaluar las comunidades bioindicadoras como el orden Trichoptera. Es de anotar que a pesar del extenso trabajo investigativo sobre este orden, los estudios enfocados a la evaluación de la fauna de macroinvertebrados y en especial de tricópteros en el departamento del Tolima son pocos los orientados a determinar los posibles impactos de las diversas acciones antropogénicas sobre la ecología, taxonomía y biología de la fauna de tricópteros.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición y estructura de la comunidad de tricópteros y sus posibles relaciones con las características físicas y químicas en la cuenca del Río Alvarado (Tolima, Colombia).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar hasta el mínimo nivel taxonómico posible la fauna de tricópteros acuáticos, encontrados en el río Alvarado.
- Identificar la composición y estructura en cuanto a abundancia relativa de las comunidades de tricópteros presentes en el río Alvarado y su distribución en los sustratos evaluados.
- Establecer la variación espacial, altitudinal y temporal de los tricópteros en la cuenca del río Alvarado.
- Estimar, la riqueza y diversidad en la comunidad de tricópteros en la cuenca del río Alvarado.
- Describir las características fisicoquímicas y establecer sus posibles relaciones con la distribución de los tricópteros en la cuenca del río Alvarado.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

La bibliografía de tricópteros es sumamente extensa y muy variada, siendo este uno de los órdenes más estudiados y reconocidos por sus múltiples facultades especialmente el carácter bioindicador.

Tabla 1. Trabajos efectuados sobre el orden Trichoptera

Mundial	
Sturkie & Morse (1998)	Describen 3 especies de <i>Phylocentropus</i> (Dipseudopsidae) más comunes en América del Norte [<i>Phylocentropus carolinus</i> Carpenter, <i>P. lucidus</i> (Hagen), and <i>P. placidus</i> (Banks)].
Arscott, Keller, Tockner & Ward (2003).	Evalúan la estructura del hábitat y la diversidad de tricópteros en dos llanuras de inundación en las cabeceras de los afluentes de la Cuenca de Tagliamento (NE de Italia).
Ruiz, Herrera, & Ferreras (2006)	Evaluó la distribución de las comunidades de tricópteros en relación con los factores ambientales en el río Hozgarganta (parque natural los Alcornocales, España).
Górecki (2007)	Reporto nuevas especies halladas en el parque nacional Pieniński estas fueron <i>Hydropsyche incognita</i> , <i>Hydropsyche instabilis</i> , <i>Ceraclea dissimilis</i> y <i>Limnephilus rhombicus</i> .

Holzenthall <i>et al</i> (2007)	Revisa La taxonomía, diversidad y distribución de los Tricópteros. El orden es el más importante y diverso de todos los taxones acuáticos. Las larvas son vitales participantes en las cadenas tróficas acuáticas y su presencia y abundancia relativa se utilizan en la evaluación biológica y el seguimiento de la calidad del agua.
Galbraith, Vaughn & Meier (2008)	Estudio las variables ambientales que intervienen en la escala espacial del ensamblaje de la comunidad de tricópteros en ríos de la montaña Ouachita (Oklahoma, USA).
Skuja & Spungis (2010)	Evaluaron la influencia de los factores ambientales en la distribución de la comunidad de tricópteros en corrientes pequeñas y medianas de las tierras bajas en Letonia.
Skuja (2011)	Estudio las preferencias de micro hábitats de las comunidades de tricópteros en ríos de tierras bajas de Letonia.
Williamson (2013)	indica que el comportamiento como bioindicadores y su tolerancia a la temperatura ofrecen grandes posibilidades para el estudio de ambientes acuáticos pasados y permitiría hacer predicciones sobre el cambio climático, también habla acerca de la filogenia y sistemática que ha sido siempre un punto de controversia y también habla sobre la biogeografía del orden

Suramérica

Harris & Holzenthall (1990)	Describen e ilustran nuevas especies del género
-----------------------------	---

	<i>Mayatrichia</i> , además se proporcionan registros, mapas de distribución y claves dicotómicas para las especies costarricenses
Oliveira, Bispo, Crisci & Sousa (1999)	Realizaron un estudio de la distribución temporal y espacial de las categorías funcionales de alimentación de las larvas de trichoptera de las montañas Pireneus y Pirenepolis.
Oliveira & Bispo (2001)	Estudio la Comunidad ecología de larvas Trichoptera Kirby en dos corrientes de primer orden de Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil.
Almeida & Flint (2002)	Describió e ilustro cinco nuevas especies de <i>Smicridea</i> McLachlan en cinco estados de Brasil.
Bravo & Angrisano (2004)	Describen las larvas y las pupas de <i>Microchorema extensum</i> Schmid y <i>Neochorema sinuatum</i> Schmid y larvas no identificadas, denominadas provisoriamente Genus X y Genus Y.
Oliveira & Hamada (2004)	Proporcionaron la primera descripción de la larva y pupa del genero <i>Ceratotrichia</i> .
Oliveira, Hamada & Nessimian, (2005).	Presento claves para la identificación de familias y géneros de larvas de tricópteros de la Amazonia central.
Sganga (2005)	Describe el macho y la hembra de una especie nueva de <i>Smicridea</i> (<i>Rhyacophylax</i>) Müller (Hydropsychidae: Smicrideinae), recolectados cerca del Parque Nacional El Palmar, provincia de Entre Ríos, Argentina.
Bispo, Oliveira, Bini & Sousa (2006).	Investigo la influencia de los factores ambientales sobre la distribución de inmaduros

	de Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros (EPT) de en los arroyos de la Centro-Oeste brasileño.
Gil, Garelis, & Vallania (2006).	Determinaron los hábitos alimenticios de estadios larvales de <i>Polycentropus joergenseni</i> mediante el análisis del contenido estomacal y establecer diferencias entre los períodos de aguas altas y bajas en el Río Grande.
Rojas (2006)	Hace una actualización sobre el conocimiento de los tricopteros en Chile, representada actualmente por 18 familias, 32 géneros y 214 especies.
Spies, Froehlich & Kotzian (2006).	Realizó un estudio en el estado de Rio Grande do Sul, en varios sistemas lóticos, para determinar la composición taxonómica y la diversidad de la comunidad de tricopteros.
Springer (2006)	Presenta en este trabajo una clave dicotómica para la identificación de las larvas de las familias del orden Trichoptera de Costa Rica.
Valverde & Abelando (2006)	Describe por primera vez las larvas del último estadio y las pupas de <i>Protoptila dubitans</i> Mosely de <i>P. misionensis</i> Flint; y las compara con otras especies descritas.
Bueno, Razo & Rafael (2007).	Realizaron un estudio del orden trichoptera en el parque nacional “desierto de los leones” D.F., con el objetivo de conocer la tricoptero fauna de la zona, su papel como indicadores, distribución y comparación con la fauna de tricopteros de otros ríos.
Crisci, Bispo & Froehlich (2007).	Estudiaron las agrupaciones de efemerópteros, plecópteros y tricópteros en sustratos rocosos

	en dos arroyos del parque estatal intervalles.
Martins, Engel, Da Rocha & Araujo (2008).	Evaluó la Distribución de Trichoptera a lo largo de la cuenca del río Paraná, Estado de Goiás.
Rueda (2008)	Efectuó un estudio sobre el género <i>Marilia</i> en las Yungas del noroeste de Argentina y sur de Bolivia.
Santos & Nessimian (2009)	Describen e ilustran nuevas especies de Chimarra Stephens (Philopotamidae) en al amazonia central.
Brand (2009)	Informa sobre 9 nuevos registros de especies de Trichoptera para el noroeste de la Patagonia argentina.
Reynaga (2009)	Analizo y definió los grupos funcionales de larvas de tricopteros de una cuenca subtropical andina.
Huamantínco & Ortiz (2008)	Presenta una clave para la identificación taxonómica de larvas de tricopteros en el último estadio de desarrollo.
Spies & Froehlich (2009)	Realizaron un inventario de tricopteros en el parque Jordão State, Sao Paulo, Brasil.
Righi, Spies & Sieglöch (2010)	Presentan un inventario de los estadios inmaduros de Efemerópteros, Plecópteros y Tricopteros de la cuenca del rio Miranda (Brasil).
Colombia	
Muñoz, Rincón, Zúñiga, Sanabria, & Ospina, (2000)	Documentó para Colombia, 205 especies válidas (incluyendo 1 subespecie), agrupadas en 45 géneros y 13 familias.
Posada & Roldan (2003)	presentaron una clave taxonómica para los géneros de tricopteros, basados en la

	morfología de larvas para el departamento de Antioquia
Medellín, Ramírez & Rincón (2004).	Presentaron el estudio realizado en los principales cuerpos de agua del santuario de fauna y flora de Iguaque, Boyacá, allí se analizaron aspectos fisicoquímicos y la composición de la tricoptero fauna bajo la técnica de recolección de coriotipos.
Rincón <i>et al.</i> (2006)	Realizaron un estudio en tres sistemas de aguas de corrientes presentes en el parque nacional natural cueva de los guacharos en el departamento del Huila, con el fin de caracterizar la composición y distribución espacial de la comunidad de tricopteros y su relación con la calidad del agua.

Tolima

Reinoso (2001)	Realizo el estudio de los tricópteros del rio Alvarado, con el fin de caracterizar la composición y distribución espacial de la comunidad de tricopteros y su relación con la calidad del agua.
Guevara (2004)	Realizo el estudio de los tricópteros del rio Coello, con el fin de caracterizar la composición y distribución espacial de la comunidad de tricopteros y su relación con la calidad del agua.
López (2007)	Estudio las larvas de la cuenca del rio Prado y la parte baja de la cuenca rio Amoya. Con el fin de caracterizar la composición y distribución espacial de la comunidad de tricopteros y su

	relación con la calidad del agua.
Vásquez & Ramírez (2008)	Realizo el estudio de las larvas de tricópteros del río Totare. Con el fin de caracterizar la composición y distribución espacial de la comunidad de tricópteros y su relación con la calidad del agua.
Vásquez (2012)	Estudio la composición, riqueza y estructura de larvas de tricópteros durante un ciclo hidrológico (2011-2012) con el objetivo de determinar la influencia de la precipitación y de la vegetación ribereña sobre la disponibilidad de microhábitats para el establecimiento y dinámica de los ensamblajes de dicha fauna béntica en los ríos Opa y Venadillo,

Fuente: El Autor

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Ecosistema Acuático

Los ecosistemas en general son una unidad ecológica de carácter convencional y disipativo en el cual un grupo de organismos interactúa entre sí y estos con el ambiente (Roldan & Ramirez, 2008). En el ecosistema acuático, la combinación de factores como la velocidad de la corriente, tipo de sustrato, y temperatura, combinado con otros componentes biológicos como la cantidad de nutrientes, y tipo de vegetación acuática hace que en un solo cuerpo de agua se encuentre una gran cantidad de microhábitats (Roldan, 2003), en los cuales se hace posible el desarrollo de diferentes comunidades de fitoplancton, zooplancton, bentos, necton y neuston, dependientes de los aportes alóctonos y de la capacidad de reciclamiento de materia orgánica (Caupaz, Reinoso, Guevara & Villa. 2006).

La fauna bentónica desempeña un papel fundamental en el funcionamiento del ecosistema fluvial, ya que forma parte integrante de la red trófica acuática actuando como enlace entre las diferentes comunidades (bentónica, planctónica, nectónica) (Pérez & Garrido, 2009). Además, la gran capacidad de estos organismos para reflejar las perturbaciones fisicoquímicas del ecosistema, han provocado un incremento del uso de este grupo faunístico en estudios para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos (Garrido & Munilla, 2007).

2.2.2 Orden Trichoptera

Generalidades. El orden Trichoptera es uno de los grupos de insectos más diversificados y ampliamente distribuidos en el mundo, se estiman alrededor de 2234 especies reportadas para el Neotropico y alrededor de 211 especies para Colombia distribuidas en 14 familias y 45 géneros (Domínguez & Fernández, 2009). Los organismos de este grupo son holometábolos, sus formas inmaduras duran largos periodos, y su ciclo de vida dura alrededor de un año, durante ese tiempo los estadios

larvales tienen una marcada preferencia por los ambientes acuáticos, los cuales han colonizados ampliamente, ya sea en sistemas loticos o lenticos (Springer 2006). Estos insectos son muy particulares y se caracterizan por los refugios que construyen con seda usando algunos elementos de su alrededor, estos refugios pueden ser tan variados como la cantidad de materiales que emplean para su construcción, este refugio les sirve como protección de las corrientes y en algunos casos para obtener el alimento, aunque también hay larvas de vida libre y depredadoras (Mosquera & Bejarano, 2006).

Estos insectos y su enorme variedad son de gran importancia en la dinámica de los ecosistemas acuáticos dado que son consumidores primarios por tanto constituyen unos de los pilares de la cadena trófica (Angrisano & Korob, 2001). Otro aspecto importante es su variable rango de tolerancia a las condiciones ecológicas, algunos organismos pueden ser ampliamente tolerantes a las modificaciones ambientales mientras que otras especies tienen un estrecho rango de permisibilidad a las condiciones ecológicas y suelen ser sensibles a los cambios ambientales (Huamantínco & Nessimian, 2000), esto deriva su importancia ya que se les considera potenciales bioindicadores de la calidad del agua (Angrisano, 1995), por lo que muchos de los estudios realizados se han encaminado a este hecho.

Taxonomía. Estos insectos son muy particulares y se caracterizan por los refugios que construyen con seda y algunos elementos de su alrededor, estos refugios pueden ser tan variados como la cantidad de materiales que emplean para su construcción, este refugio les sirve como protección de las corrientes y en algunos casos para obtener el alimento, aunque también hay larvas de vida libre y depredadoras (Angrisano, 1995).

La diagnosis de las larvas se basa en el grado de esclerotización del tórax, la presencia y tipo de branquias, la forma de los pigopodos (pseudopatas anales), forma del abdomen y estructuras sobre el mismo, forma de las uñas caudales, entre otros aspectos (Rincón, 1998). En cuanto a su taxonomía se reconocen tres subórdenes Annulipalpia, Integripalpia y Spicipalpia (Holzenthall *et al.*, 2007).

Suborden Annulipalpia: Comprenden familias con larvas que se movilizan ágilmente, mediante el uso de propatas anales bien desarrolladas y que construyen refugios fijados al sustrato (Familias Ecnomidae, Hydropsychidae, Philopotamidae, Polycentropodidae y Xiphocentronidae) (Springer, 2006).

Familia Hydropsychidae: Las larvas son reconocidas fácilmente por tener los tres notos torácicos fuertemente esclerotizados, por tener sus branquias abdominales altamente ramificadas y por su denso cepillo de setas adyacente a cada uña anal. Construyen habitáculos fijos sobre las piedras, troncos, ramas u otros sustratos disponibles en ríos y quebradas de todos los tamaños, velocidades y temperaturas. Estas larvas hilan una red de captura de seda en la abertura del habitáculo. Unas se alimentan de diatomeas, otras de algas y partículas de detritus de un amplio ámbito de tamaños, así como de pequeños invertebrados acuáticos capturados en la red (Angrisano, 1995).

Familia Philopotamidae: Las larvas son reconocidas fácilmente por la cabeza y los escleritos pronotales de color anaranjado y por el labro membranoso en forma de T. Estas no poseen branquias abdominales. El labro de estos insectos habitantes de corrientes, lo utilizan para recoger el detritus fino de una red larga, tubular y de agujeros finos que ellas construyen. Las redes generalmente son construidas en la parte inferior de las piedras donde las corrientes son más lentas o sobre las superficies verticales de las piedras cerca de cascadas donde se mantienen húmedas por el rocío y el goteo (Angrisano & Korob, 2001).

Suborden Spicipalpia: Está compuesto por larva de libre, constructoras de casitas en forma de concha de tortuga o estuches bivalvos. El suborden también es llamado “closed cocoon makers”, refiriéndose a la característica de todas sus especies (incluyendo las de vida libre), de construir un capullo pupal de seda totalmente cerrado y con las paredes formando una membrana semipermeable (Springer, 2006).

Familia Glossosomatidae: Las larvas habitan en estuches en forma de concha de tortuga, hechos de granos de arena fina, los cuales las cubren completamente, mientras raspan diatomeas y detritus fino de la superficie superior de las piedras en corrientes de agua. Las especies neotropicales tienen la capacidad de vivir en aguas más tibias y de menor corriente que otros miembros de la familia (Holzenthall *et al.* 2007).

Familia Hydrobiosidae: Las larvas tienen la boca dirigida hacia adelante (prognata). Sólo el pronoto es esclerotizado, el mesonoto y metanoto son completamente membranosos. Las patas anteriores son queladas (la uña formada por una expansión ventral del fémur se opone a la tibia y los tarsos formando una pinza y son utilizadas para capturar presas. Las larvas son de vida libre sin un estuche o refugio hasta la pupación. (Angrisano, 1995).

Familia Hydroptilidae: Las larvas de los hidróptilidos son únicas dentro de los tricópteros ya que sufren hipermetamorfosis. Las primeras cuatro etapas larvales no construyen un estuche y son de vida libre. Todos los estadios larvales pueden ser reconocidos por su muy pequeño tamaño y por sus placas bien esclerotizadas en todos los notos del tórax. Las larvas del estadio final construyen estuches en una gran variedad de estilos y materiales y son tanto portátiles como fijas al sustrato. Los estuches portátiles, conocidos comúnmente como "estuches bolsillo" semejan la concha de una almeja y generalmente consisten de dos valvas alargadas de seda, cosidas una con otra con seda (Wiggins, 1996).

Suborden Integripalpia: Comprende las familias constructoras de casas portátiles a partir de residuos y detritos orgánicos durante el primer estadio larval. Las construcciones son altamente específicas tanto a nivel de familia como de género (Holzenthall *et al.*, 2007).

Familia Leptoceridae: Las antenas de las larvas son largas, al menos 6 veces más largas que anchas. Las patas posteriores son delgadas y mucho más largas que las

otras. Las larvas construyen estuches delgados y largos de arena o pedacitos de vegetación en una amplia variedad de estilos. Algunos son producto del acondicionamiento de una ramita ahuecada, otras son hechas de pedacitos alargados y delgados de plantas dispuestos espiralmente y algunos son hechos enteramente de seda. Las larvas son detritívoras o depredadoras y viven en aguas lentas o en las áreas de menor corriente de los ríos (Roldan, 1996).

Familia Helicopsychidae: Las larvas construyen un estuche espiral que semeja la concha de un caracol. Además, el pronoto y el mesonoto poseen placas bien desarrolladas y esclerotizadas y la uña anal posee una hilera de dientes en forma de peine. Las larvas se les encuentra en aguas con corriente de todo tipo y son muy tolerantes a aguas bastante calientes. Se alimentan raspando algas y detritus de la superficie superior de las piedras (Posada & Roldan, 2003).

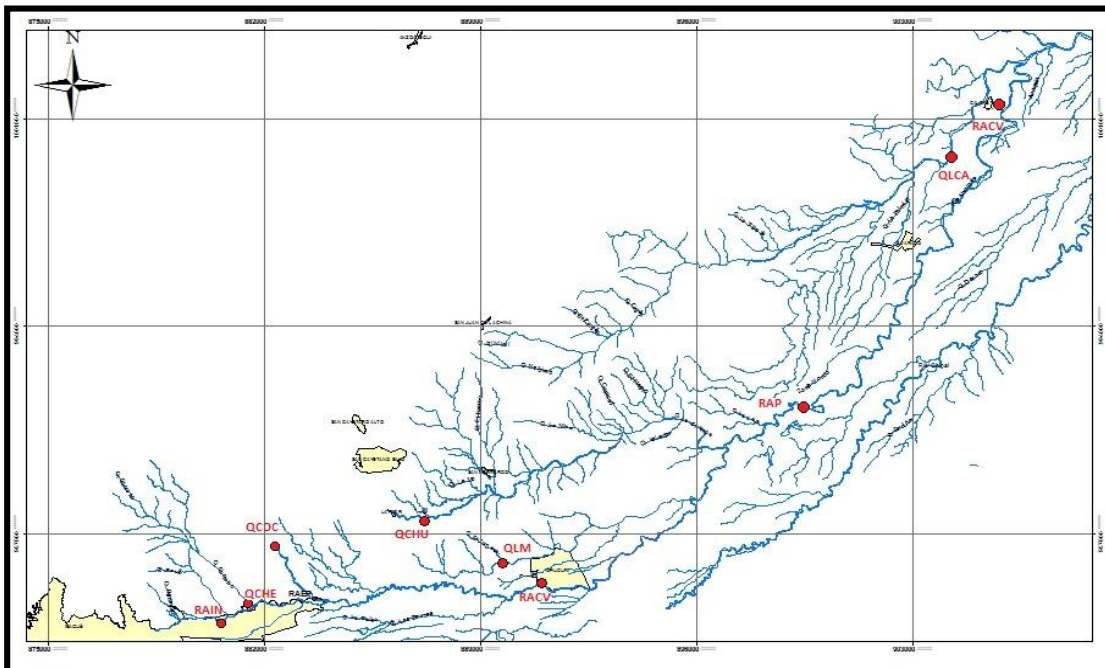
3 METODOLOGÍA

3.1 METODOS DE CAMPO

3.1.1 Área de estudio

El río Alvarado, pertenece a la cuenca del río La China, que a su vez hace parte de la cuenca mayor del río Totare del departamento del Tolima. Presenta un área de 29988,14 hectáreas, un perímetro de 91,66 Km y una longitud del cauce de 55,06 Km. Se encuentra a una altitud de 315 metros sobre el nivel del mar, se localiza dentro del ecosistema del bosque seco tropical del departamento del Tolima, el cual por su ubicación, fertilidad de sus suelos y condiciones ecológicas se ha visto reemplazado a lo largo del tiempo por grandes zonas de cultivo, pastos para ganadería y urbanización. Sus coordenadas son 4°37'60" latitud Norte y 74°55'0" longitud Este (Figura 1) (CORTOLIMA, 2009). Estudios recientes sobre el caudal del río Alvarado declaran una situación de emergencia al mostrar un 2.11% de índice de escasez, reportándose un uso desmedido del 211 por ciento. (CORTOLIMA, 2010).

Figura 1. Cuenca del río Alvarado, Tolima.



Fuente: GIZ

3.1.2 Estaciones de muestreo

Se seleccionaron 9 estaciones de muestreo, cuatro ubicadas en el cauce principal y en 5 quebradas tributarias, abarcando dos periodos hidrológicos, y, teniendo en cuenta tramos impactados y no impactados por la urbanización y la agricultura (Tabla 1).

Tabla 2. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado durante Septiembre y Diciembre de 2012.

		Latitud	Longitud	
Río Alvarado-Caldas Viejo	RACV	04° 36' 41,2"	074°55'46,2"	351
Quebrada La caima	QLCA	04° 35' 45,8"	074°56'39,6"	374
Río Alvarado-Puente	RAP	04° 31' 11,3"	074°59'14,0"	521
Quebrada La Manjarres	QLM	04° 28' 19,3"	075°04'26,9"	758
Río Alvarado-Chucuni	RACH	04° 27' 56,7"	075°03'46,7"	697
Quebrada Chumba	QCHU	04° 29' 06,2"	075°05'48,6"	973
Quebrada Cocare	QCOC	04° 28' 37,4"	075°08'25,4"	1057
Quebrada Chembe	QCHE	04° 27' 34,2"	075°08'54,7"	988
Río Alvarado-Inicio	RAIN	04° 27' 13,1"	075°09'23,2"	977

Fuente: El Autor

3.1.3 Colecta de material biológico

En cada punto de muestreo se seleccionaron los microhábitats presentes como arena, hojarasca, rocas, grava, con el fin de obtener una muestra representativa de la fauna béntica. Para la colecta se utilizó la red surber (área de 0.09 m²), siguiendo la metodología propuesta por Wantzen (2009). Las muestras colectadas se depositaron en frascos plásticos rotulados con la información importante de cada estación y fueron

preservados en alcohol al 70%. Finalmente las muestras se trasladaron al laboratorio de investigación en zoología para su posterior revisión.

3.1.4 Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Para el análisis de las variables fisicoquímicas, se tomaron datos *in situ* de la temperatura ambiente y del agua, pH y oxígeno disuelto en cada una de las estaciones de muestreo. Simultáneamente se colectaron muestras de agua en botellas estériles que fueron guardadas en neveras con hielo para el posterior análisis de parámetros como pH (unidades de pH), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{CM}$), oxígeno disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$), turbiedad (NTU), alcalinidad y dureza total ($\text{mg}/\text{CaO}_3/\text{L}$), cloruros ($\text{mg}/\text{Cl}/\text{L}$), nitratos (mgNO_3/L), fosfatos (mgPO_4/L), sólidos suspendidos totales y sólidos totales (mg/l), demanda química de oxígeno (DBO) y demanda biológica de oxígeno (DBO); igualmente se midieron parámetros bacteriológicos como coliformes totales y fecales, todos estos llevados a cabo en el Laboratorio de química y análisis de suelos y aguas (Laserex) de la Universidad del Tolima.

3.2 METODOS DE LABORATORIO

3.2.1 Determinación del material Biológico

La limpieza y separación de organismos se efectuó en el Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima. Finalizada la separación de los trichopteros, los organismos se determinaron hasta el mínimo nivel taxonómico posible, utilizando las claves y descripciones de Angrisano & Korob (2001); Posada & Roldan (2003); Merrit *et al.* (2008); Springer (2006). Los individuos determinados se depositaron en tubos vacuntainer con alcohol al 70 % para su preservación.

3.2.2 Análisis fisicoquímicos

Estos análisis se realizaron con base en la metodología propuesta por American Public Health Association *et al.* (2005) (Tabla 3).

Tabla 3. Metodología utilizada para el análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Parámetro	Método
Conductividad eléctrica	Electrométrico, a través de conductímetro W.T.W. 330i con sensor de temperatura
Turbiedad	Nefelométrico
Alcalinidad total	Titulación por técnica volumétrica
Dureza total	Volumétrico con EDTA
cloruros	Argentométrico
Nitratos	Método 8039 de HACH, método de reducción de cadmio basado en el Método 4500 E
Fosfatos	Método 8048 de HACH, método de ácido ascórbico basado en el Método 4500 E del standard methods
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico 2540-D
Sólidos totales	Gravimétrico 2540-B
Demanda química de oxígeno	Titulométrico 5220--C
Demanda biológica de oxígeno	Titulométrico 5210-B

Fuente: El Autor

3.3 ANALISIS DE INFORMACION

3.3.1 Abundancia relativa

En porcentaje de abundancia relativa contribuye en la evaluación de la variación espacial de los organismos, por tal motivo se determinó dicho valor para cada uno de los géneros de tricópteros colectados en la cuenca del río Alvarado. También se halló el porcentaje de abundancia relativa de tricópteros para cada uno de las estaciones en

la cuenca con el fin de establecer la proporción en la que se encuentra cada taxón con respecto a la comunidad. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$AR = (n_i/N) \times 100$$

Donde: AR = Abundancia relativa de la especie 1

n_i = El número de individuos capturados u observados de la especie

N = El número total de individuos capturados u observados

3.3.2 Índices ecológicos

Para evaluar la estructura de las comunidades de tricópteros en la cuenca del río Alvarado, se utilizaron los siguientes índices ecológicos, usando el paquete estadístico Past Program 2.3 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Riqueza de Margalef. Este índice se utilizó para estimar la riqueza de la comunidad de tricópteros en las estaciones evaluadas. Se establece con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Margalef, 1977). Su fórmula es:

$DMg = S - 1 / \ln N$ Donde; S = Número de especies diferentes

N = Número total de individuos

Diversidad de Shannon-Wiener. Este índice se utilizó para estimar la diversidad de la comunidad de tricópteros en las estaciones evaluadas. Este índice asume que todas las especies están representadas en la muestra. Indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas (Shannon & Weaver, 1949). Se halla con la siguiente fórmula.

$H' = -\sum (n_i/N) \ln (n_i/N)$ Donde n_i = Número de individuos por especie en una muestra de una población.

N = Número total de individuos en una muestra de una población.

Ln = Logaritmo natural.

Dominancia de Simpson. Este índice se utilizó para establecer si existe dominancia por parte de algunos géneros en la comunidad de tricópteros en las estaciones evaluadas. Este índice tiene en cuenta las especies que están mejor representadas sin tener en cuenta las demás. Muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie (Simpson, 1949).

$\lambda = \sum p_i^2$ p_i = número de individuos de la especie i dividido entre el número total de la muestra.

Similitud de Jaccard. Este índice fue utilizado para medir el grado de similitud existente entre las diferentes estaciones muestreadas. Este índice relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. El intervalo de valores va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. La fórmula es la siguiente.

$J = c / a + b - c$ Donde; a = Número de especies en el sitio A
 b = Número de especies en el sitio B
 j = Número de especies compartidas por las comunidades
 c = Número de especies que están en A y en B

3.3.3 Análisis estadístico de variables fisicoquímicas

Se realizó una descripción del comportamiento de las variables fisicoquímicas a nivel espacial, con el fin de determinar las fluctuaciones que éstas registraron a lo largo de la cuenca del río Alvarado, utilizando la metodología propuesta por Guisande (2006). Se realizó una prueba de normalidad y homogeneidad para evidenciar como fue la

distribución de los datos evaluados. Se aplicó un test de Kruskal-Wallis para determinar la existencia de diferencias significativas a nivel espacial en los valores medidos para los parámetros fisicoquímicos; y se estimaron las relaciones entre las variables fisicoquímicas y la dinámica del río a través de un análisis de componentes principales (ACP), por medio del paquete estadístico STATISTICA 7.0® (Statsoft, 2007). Igualmente se empleó un análisis de ordenación (Análisis de Correspondencia Canónica, ACC) con el propósito de analizar la posible relación entre los géneros, las variables fisicoquímicas y las estaciones. Para este análisis se utilizó el programa Canoco versión 4.5 (Braak & Smilauer, 2009).

4 RESULTADOS

4.1 Parámetros Biológicos

Durante septiembre y diciembre de 2012 se colectaron 1234 individuos del orden Trichoptera, distribuidos en 8 familias y 17 géneros. Las familias más abundantes fueron Hydropsychidae (60.6%) representada por 2 géneros, Hydroptilidae (11.8%) con 3 géneros y Leptoceridae (11.8%) con 4 géneros; las familias que presentaron menor abundancia fueron Hydrobiosidae (0.1%) con un solo género *Atopsyche* y Glossosomatidae (1.1%) con 3 géneros. *Smicridea* fue el género más abundante con 636 organismos (51.5%), seguido por *Hydroptila* con 139 organismos (11.3%) y *Marilia* con 81 organismos (6.6%), por otro lado los géneros que presentaron menor abundancia fueron *Atopsyche* (0.1%) *Wormaldia* (0.2%), *Protophila* (0.2%) y *Zumatrichia* (0.2%) (Tabla 4).

4.2 Distribución Espacial

Los tricópteros se distribuyeron en toda la cuenca del río Alvarado y en sus principales afluentes, fueron registrados en las 9 estaciones de muestreo evaluadas. La estación con mayor abundancia relativa fue Quebrada La Caima (22.0%), seguida de Río Alvarado Chucuni con (20.3%) y las que presentaron menor abundancia fueron Quebrada Chembe (1.1%) y Río Alvarado Inicio (3.4%) (Figura 2).

La familia Hydropsychidae mostro la distribución espacial más amplia, encontrándose en las 9 estaciones, desde los 351 m en la estación Río Alvarado Caldas Viejo, hasta los 1057 m en la estación Quebrada Cocare. Así mismo esta familia presentó la mayor abundancia en la estación Río Alvarado Chucuni con 240 larvas y en menor número en Quebrada Chembe con 5 larvas. Otra familia relevante en abundancia fue Leptoceridae, la cual fue reportada en 8 estaciones, y presentó la mayor abundancia en la estación Quebrada Chumba con 56 larvas y el menor número de organismos en

Quebrada Chembe, Rio Alvarado Chucuni y Rio Alvarado Puente con 1 larva en cada una de ellas. A nivel de género se encontró que *Leptonema* y *Smicridea* (Hydropsychidae), tuvieron la mayor distribución espacial, fueron registrados en las todas las estaciones evaluadas (Tabla 5).

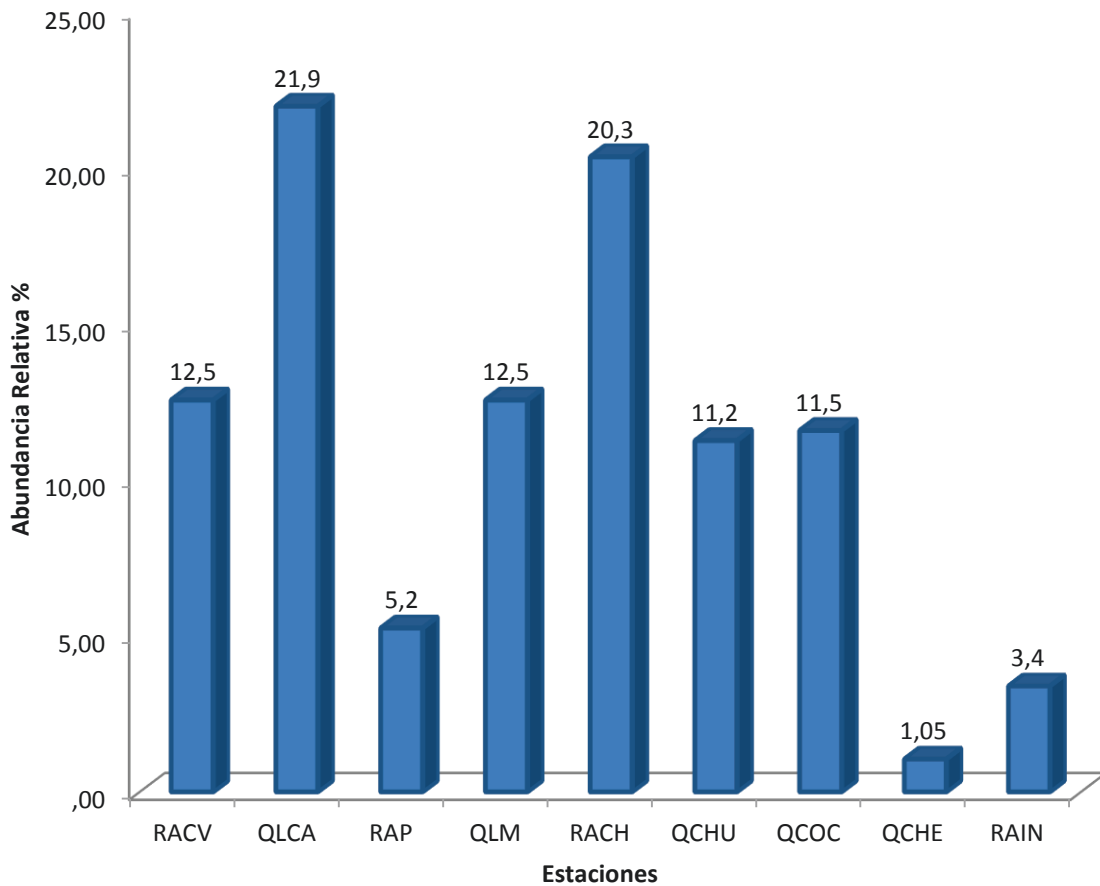
Tabla 4. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados para la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012

Familia	Genero	Total	% A.R.	%A.R. Familia
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	112	9,1	60.6
	<i>Smicridea</i>	636	51,5	
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	139	11,3	13.2
	<i>Oxyethira</i>	21	1,7	
	<i>Zumatrichia</i>	3	0,2	
Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	8	0,6	11.8
	<i>Grumichella</i>	62	5,0	
	<i>Nectopsyche</i>	60	4,9	
	<i>Oecetis</i>	15	1,2	
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	81	6,6	6.6
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	54	4,4	4.4
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	26	2,1	2.4
	<i>Wormaldia</i>	3	0,2	
Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	4	0,3	1.1
	<i>Protoptila</i>	3	0,2	
	<i>Mortoniella</i>	6	0,5	
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	1	0,1	0.1
Total		1234	100	100

Fuente: El Autor

La familia con la distribución espacial más restringida fue Hydrobiosidae con un único género, reportada en una sola estación, seguida de la familia Philopotamidae con 2 géneros, reportada en 4 estaciones de muestreo (Tabla 5).

Figura 2. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en la 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Tabla 5. Distribución espacial y abundancia relativa de los tricópteros registrados en la cuenca de río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

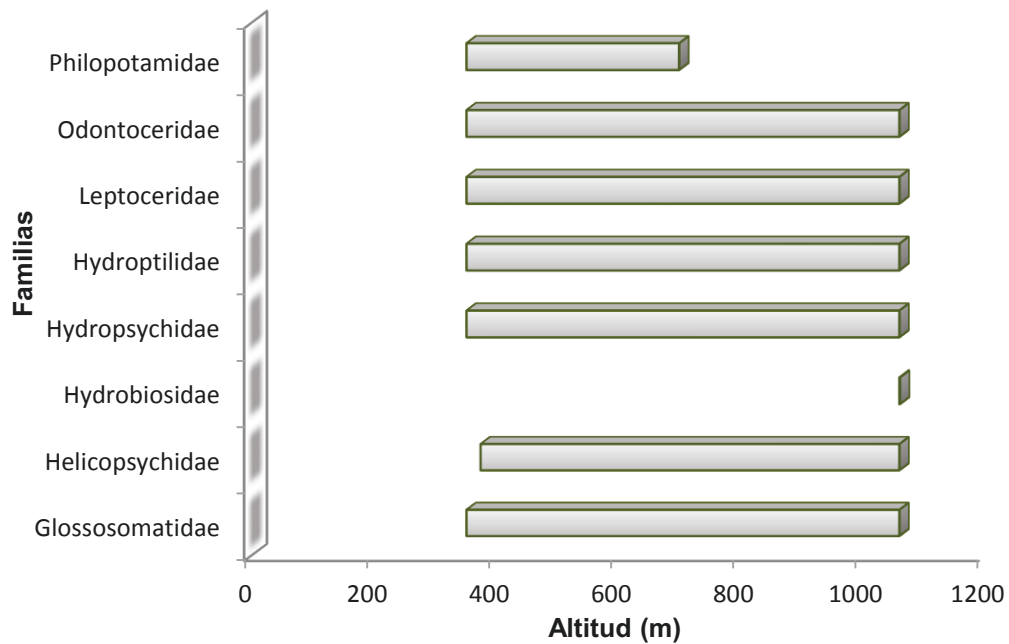
Estaciones	Taxón	Río Alvarado-Caldas Viejo		Quebrada La Caima		Río Alvarado-Puente		Quebrada La Manjarres		Río Alvarado-Chucuni		Quebrada Chumba		Quebrada Cocare		Quebrada Chembe		Río Alvarado-Inicio	
		Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.	Total	%A.R.
Leptoceridae	<i>Grumichella</i>	5	3,2	3	1,1	*	*	*	*	*	*	48	34,5	6	4,2	*	*	*	*
	<i>Nectopsyche</i>	*	*	*	*	1	1,54	48	31,0	*	*	3	2,2	7	4,9	*	*	1	2,4
	<i>Oecetis</i>	*	*	*	*	1	1,54	8	5,2	*	*	2	1,4	4	2,8	*	*	*	*
	<i>Atanatolica</i>	1	0,6	*	*	1	1,54	3	1,9	*	*	1	0,7	1	0,7	1	7,7	*	*
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	14	9,0	75	27,7	12	18,4	*	*	*	*	34	24,5	4	2,8	*	*	*	*
	<i>Oxyethira</i>	3	1,9	*	*	*	*	*	*	1	0,4	5	3,6	12	8,4	*	*	*	*
	<i>Zumatrichia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	7,1
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	4	2,6	1	0,4	*	*	*	*	*	*	*	*	1	0,7	*	*	*	*
	<i>Culoptila</i>	*	*	*	*	1	1,5	*	*	1	0,4	*	*	1	0,7	*	*	1	2,4
	<i>Protoptila</i>	*	*	*	*	3	4,6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	122	78,7	176	64,9	16	24,6	18	11,6	209	83,3	15	10,8	60	42,0	5	38,5	15	35,7
	<i>Leptonema</i>	2	1,3	5	1,8	20	30,8	14	9,0	31	12,4	10	7,2	3	2,1	5	38,5	22	52,4
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	0,6	8	3,0	8	12,3	*	*	9	3,6	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Wormaldia</i>	1	0,6	*	*	2	3,1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	*	*	1	0,4	*	*	1	0,6	*	*	12	8,6	38	26,6	2	15,4	*	*
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	2	1,3	2	0,7	*	*	63	40,6	*	*	9	6,5	5	3,5	*	*	*	*
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	0,7	*	*	*	*
Total		155	100	271	100	65	100	155	100	251	100	139	100	143	100	13	100	42	100

Fuente: El Autor

4.3 Distribución Altitudinal

Los tricópteros se distribuyen en toda la franja altitudinal de la cuenca del río Alvarado, desde los 351 m hasta los 1057 m. Las familias Odontoceridae, Leptoceridae, Hydroptilidae, Hydropsychidae y Glossosomatidae presentaron la mayor distribución altitudinal; por el contrario la Hidrobiosidae fue la familia que presentó una distribución restringida siendo registrada en tan solo una estación (Figura 3).

Figura 3. Distribución altitudinal de las familias de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



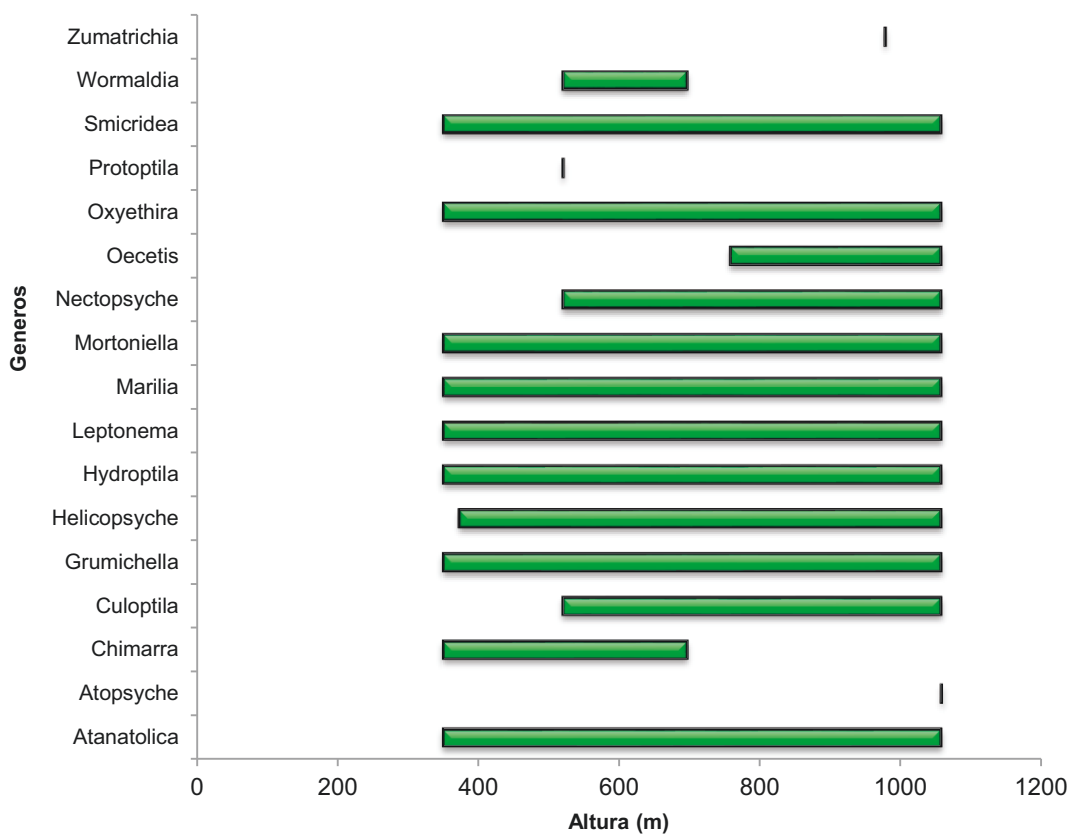
Fuente: El Autor

Los géneros que mostraron mayor distribución altitudinal fueron *Smicridea*, *Leptonema* (Hydropsychidae), *Grumichella*, *Atanatolica* (Leptoceridae), *Hydroptila*, *Oxyethira* (Hydroptilidae), *Marilia* (Odontoceridae) y *Mortoniella* (Glossosomatidae) siendo registrados desde los 351 a 1057 m. Otros géneros que presentaron amplia

distribución fueron *Helicopsyche* (Helicopsychidae), *Nectopsyche* (Leptoceridae) y *Culoptila* (Glossosomatidae) desde los 400 a 1057 m.

Por otro lado *Atopsyche* (Hidrobiosidae), *Protoptila* (Glossosomatidae) y *Zumatrichia* (Hydroptilidae) fueron los géneros que evidenciaron el rango de distribución altitudinal más restringido, siendo reportados en una sola estación de muestreo (Figura 4).

Figura 4. Distribución altitudinal de los géneros de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



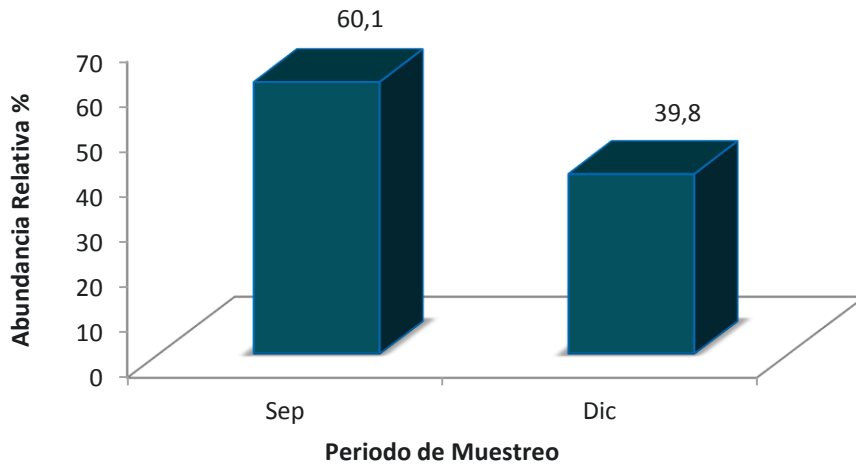
Fuente: El Autor

4.4 Distribución Temporal

La mayor diversidad de organismos se presentó durante el mes de septiembre (periodo de lluvias) registrando 23 taxones distribuidos en 8 familias y 15 géneros, por el contrario durante el mes de diciembre (periodo de sequía) se registraron 20 taxones distribuidos en 6 familias y 14 géneros (Tabla 6).

De los 1234 organismos del orden Trichoptera colectados, 742 (60.1%), fueron obtenidos durante septiembre (periodo de lluvias), los restantes 492 (39.9%) se colectaron en el mes de diciembre (periodo de sequía) (Figura 5).

Figura 5. Distribución Temporal de los tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

La mayoría de las familias de tricópteros registradas se presentaron en los dos períodos de muestreos, con la excepción de las familias Hydrobiosidae y Odontoceridae las cuales solo fueron halladas durante el mes de septiembre. Es importante destacar que Hydropsychidae, Leptoceridae y Philopotamidae mostraron un comportamiento dominante sobre las demás familias durante los dos muestreos siendo

estas constantes tanto en diversidad como en abundancia. Se observó que aunque la abundancia total del mes de diciembre es menor, se presentó un aumento en el número de organismos de las familias que presentaron mayor dominancia (Figura 6).

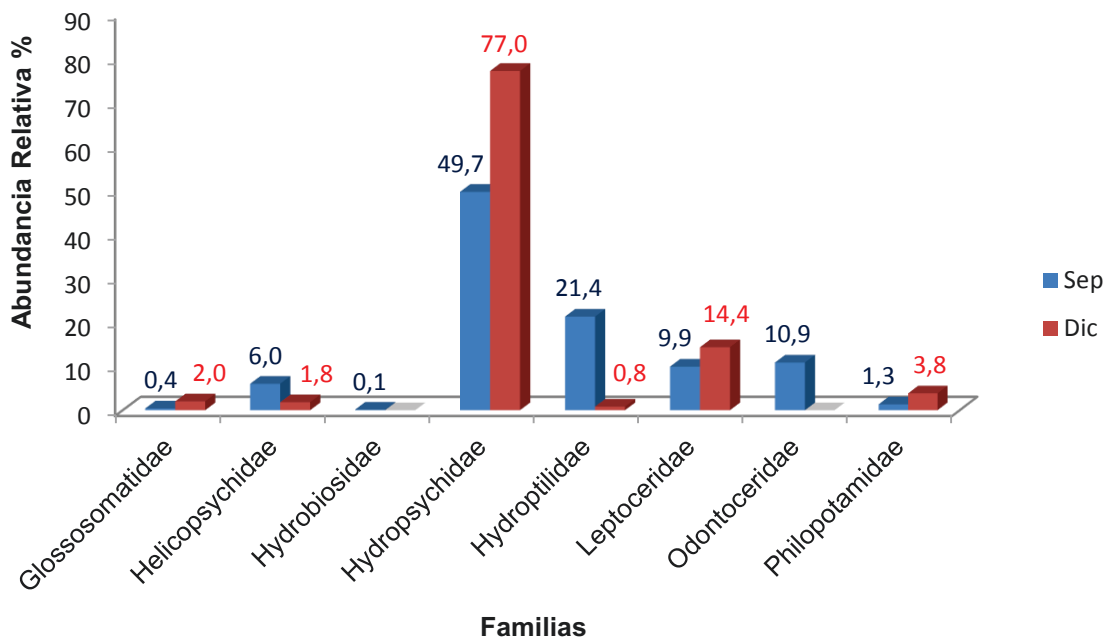
Tabla 6. Taxones del orden Trichoptera registrados para la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012

Familia	Genero	Septiembre		Diciembre	
		Total	% A.R.	Total	% A.R.
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	310	41,8	326	66,3
	<i>Leptonema</i>	59	8,0	53	10,8
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	9	1,2	17	3,5
	<i>Wormaldia</i>	1	0,1	2	0,4
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	45	6,1	9	1,8
	<i>Nectopsyche</i>	14	1,9	46	9,3
Leptoceridae	<i>Grumichella</i>	49	6,6	13	2,6
	<i>Atanatolica</i>	6	0,7	2	0,4
	<i>Oecetis</i>	5	0,8	10	2,0
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	81	10,9	*	*
	<i>Mortoniella</i>	2	0,3	4	0,8
Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>	*	*	3	0,6
	<i>Culoptila</i>	1	0,1	3	0,6
	<i>Hydroptila</i>	138	18,6	1	0,2
Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>	21	2,8	*	0,0
	<i>Zumatrichia</i>	*	*	3	0,6
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	1	0,1	*	*
Total		742	100	492	100

Fuente: El Autor

Para el mes de septiembre las familias que se registraron en mayor proporción fueron Helicopsychidae (6.0%), Hydroptilidae (21.4%), Hydrobiosidae (0.1%) y Odontoceridae (10.9); ya para el mes de diciembre las familias Hydropsychidae (77.9%), Leptoceridae (14.4%), Philopotamidae (3.8%) y Glossosomatidae (0.4%) registraron el mayor porcentaje de abundancia (Figura 6).

Figura 6. Distribución Temporal de las familias de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

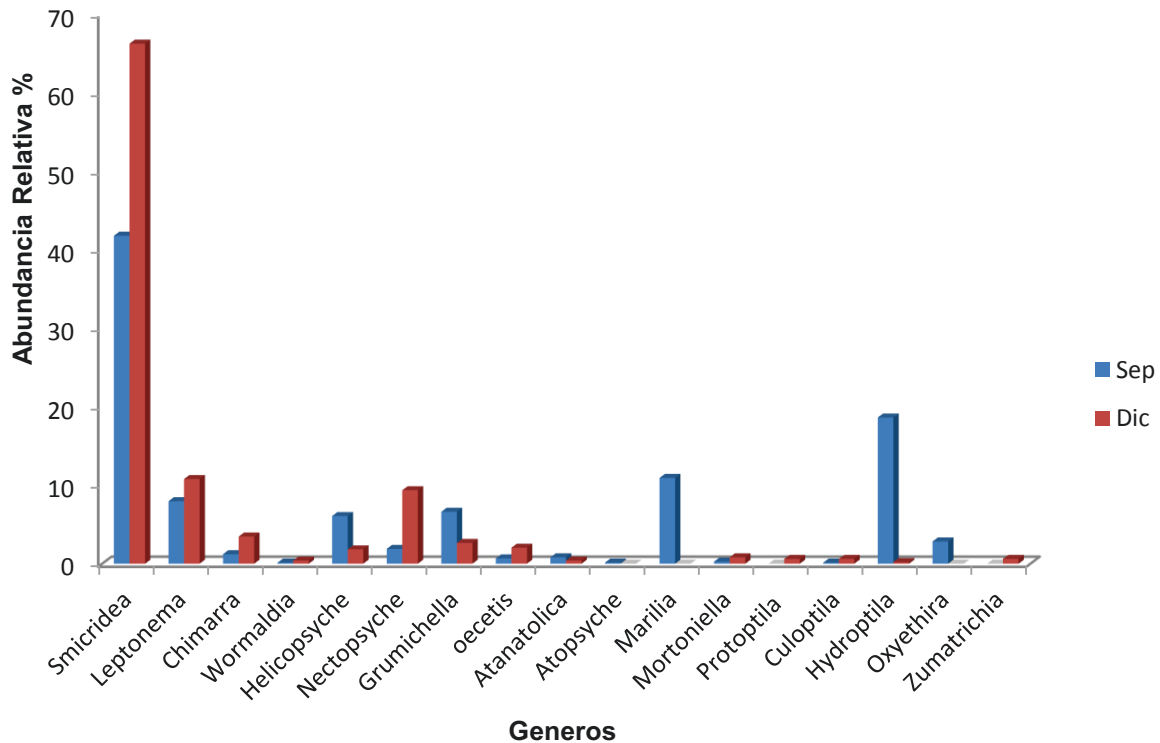


Fuente: El Autor

Los Géneros *Leptonema* y *Smicridea* representan el mayor porcentaje de individuos (60.6%), colectados durante los dos periodos de muestreo. Durante el mes de diciembre se encontraron los dos géneros en mayor abundancia que en el mes de septiembre (*Smicridea* Sep. 41.8% y Dic. 66.3%; *Leptonema* Sep. 8.0% y Dic. 10.8%). Aparte de los géneros ya mencionados, durante el mes de septiembre *Hydroptila* (18.6%), *Marilia* (10.9%) y *Grumichella* (6.6%) presentaron un número importante de organismos, en contraste *Atopsyche*, *Culoptila* y *Wormaldia* presentaron la menor abundancia (0.1%) con un individuo cada uno; durante el mes de diciembre los géneros más representativos fueron *Nectopsyche* (9.3%) y *Chimarra* (3.5%), y los menos

representativos *Hydroptila* (0.2%), *Wormaldia* y *Atanatolica* con 0.4% cada una. Por otro lado *Atopsyche*, *Marilia* y *Oxyethira* se presentaron exclusivamente durante el mes de septiembre mientras que *Protophila* y *Zumatrichia* son exclusivos del mes de diciembre (Figura 7).

Figura 7. Distribución Temporal de los géneros de tricópteros en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



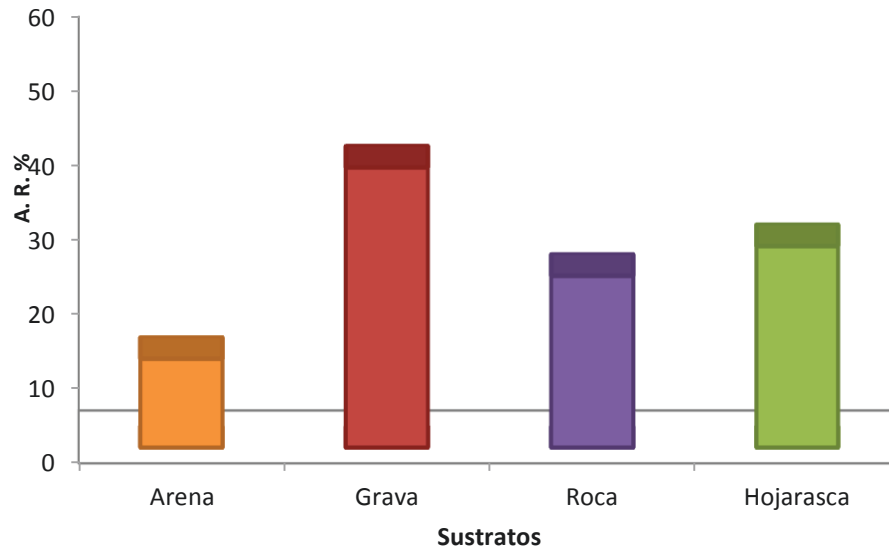
Fuente: El Autor

4.5 Abundancia por Sustratos

Los cuatro sustratos evaluados (Arena, Grava, Roca y Hojarasca) tuvieron presencia de organismos en todas las estaciones de muestreo. El sustrato que presento mayor

abundancia de organismos fue Grava (37.7%) seguido de Hojarasca (27.1%), Roca (23.2%) y por ultimo Arena (12%) (Figura 8).

Figura 8. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en los 4 sustratos de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

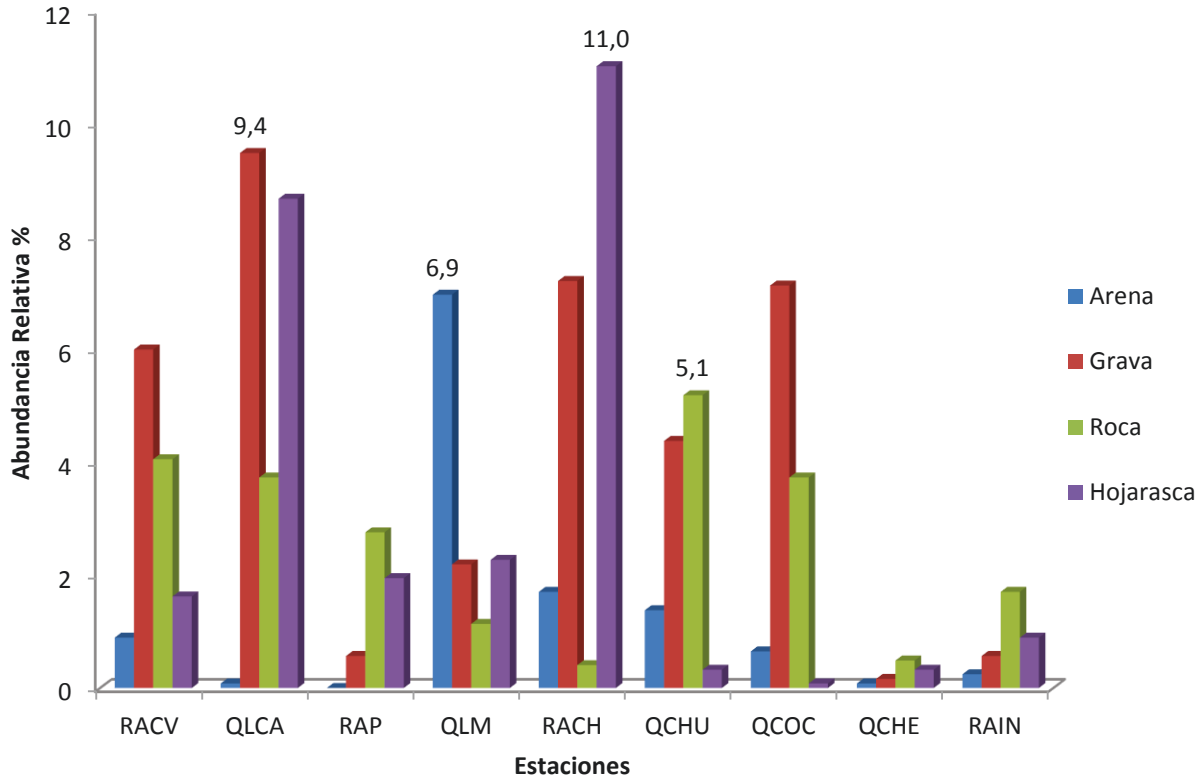


Fuente: El Autor

En general todos los sustratos evaluados fueron muy cambiantes a lo largo del río y sus tributarios, alternaron sus niveles de abundancia en cada uno de ellos, hojarasca y grava fueron los sustratos que presentan los valores más altos de abundancia en la mayoría de los puntos muestreados, seguidos muy de cerca por el sustrato roca. En cambio en el sustrato arena se presentó la menor proporción de organismos en todas las estaciones, excepto en la Quebrada La Manjarres donde contrariamente se constituye como el microhábitat que presento mayor proporción de organismos (6.97%) (Figura 9).

El sustrato hojarasca en la estación Río Alvarado Chucuni obtuvo el valor de abundancia más elevado (11.02%), mientras que el sustrato arena en las quebradas la Caima y Chembe y el sustrato roca en la Quebrada Cocare presentaron la menor abundancia (0.08%) (Figura 9).

Figura 9. Abundancia relativa de los Tricópteros registrados en los 4 sustratos de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Con respecto a los géneros que se distribuyeron en los sustratos evaluados se encontró que *Nectopsyche*, *Atanatica* (Leptoceridae), *Marilia* (Odontoceridae), *Hydroptila* (Hydroptilidae), *Leptonema* y *Smicridea* (Hydropsychidae) se presentaron en todos los microhábitat con frecuencia similar en cada uno de ellos. *Atopsyche* (Hydrobiosidae), *Protoptila* (Glossosomatidae) y *Zumatrichia* (Hydroptilidae) se hallaron únicamente colonizando un tipo de sustrato (Tabla 7).

Tabla 7. Abundancia relativa de tricópteros en los sustratos evaluados de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

Familia	Genero	Arena	Grava	Roca	Hojarasca
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1,13	3,57	3,24	1,13
	<i>Smicridea</i>	2,11	19,4	8,27	21,7
	<i>Nectopsyche</i>	2,27	0,73	1,46	0,41
Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	0,24	0,08	0,08	0,24
	<i>Grumichella</i>	0,65	1,38	3,00	0,00
	<i>Oecetis</i>	0,24	0,00	0,97	0,00
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	3,81	0,57	0,57	1,62
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0,16	1,86	2,35	0,00
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0,00	0,08	0,00	0,00
Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	0,00	0,00	0,08	0,16
	<i>Chimarra</i>	0,08	1,22	0,00	0,81
	<i>Mortoniella</i>	0,08	0,00	0,32	0,08
Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	0,00	0,08	0,24	0,00
	<i>Protoptila</i>	0,00	0,24	0,00	0,00
	<i>Hydroptila</i>	1,22	7,21	1,94	0,89
Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>	0,00	0,24	1,38	0,08
	<i>Zumatruchia</i>	0,00	0,00	0,24	0,00

Fuente: El Autor

4.6 Índices ecológicos

Los valores de los índices mostraron variaciones al comparar las colectas realizadas durante los dos periodos de muestreo. Durante estos tiempos todas las estaciones registraron taxones; los valores de diversidad y riqueza más altos se reportaron en el mes de septiembre, mientras que se presentaron mayores valores de dominancia durante el mes de diciembre (Tabla 8).

Tabla 8. Variación Temporal de los índices de Riqueza de Margalef (D'), Diversidad de Shannon-Wiener (H') y Dominancia de Simpson (λ) en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

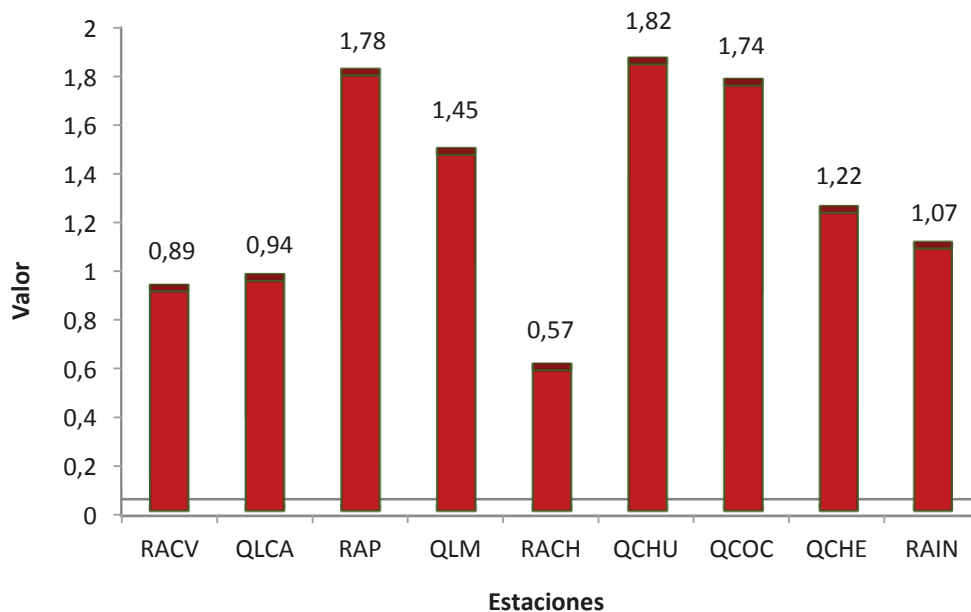
Estación	Riqueza (D')		Diversidad (H')		Dominancia (λ)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
RACV	1,99	0,22	1,52	0,17	0,31	0,92
QLCA	1,10	0,55	0,93	0,49	0,48	0,76
RAP	0,78	1,77	0,54	1,54	0,73	0,27
QLM	0,71	1,12	0,33	1,30	0,86	0,34
RACH	0,66	0,59	0,76	0,29	0,54	0,88
QCHU	1,87	1,03	1,77	0,96	0,23	0,43
QCOC	2,31	1,24	1,63	1,47	0,28	0,25
QCHE	1,37	0,72	1,27	0,56	0,31	0,63
RAIN	0,36	1,23	0,56	1,23	0,63	0,34

Fuente: El Autor

Diversidad de Shannon-Wiener. Las estaciones que presentaron los valores de diversidad más altos fueron Quebrada Chumba ($H'=1.82$), Río Alvarado Puente ($H'=1.78$) y Quebrada Cocare ($H'=1.74$), estas estaciones se caracterizan por su abundante vegetación riparia y difícil acceso. Los valores más bajos se evidenciaron en Río Alvarado Chucuni ($H'=0.57$), Río Alvarado Inicio ($H'=1.07$) y Quebrada Chembe ($H'=1.22$), puntos que evidenciaron una fuerte modificación de las condiciones naturales, zonas con algún grado de impacto por intervención antrópica (Figura 10).

Los valores de diversidad fluctúan de manera relevante a lo largo de las estaciones muestreadas, en términos generales las quebradas indican valores más elevados que el cauce principal del río, ya que se obtuvieron mayor cantidad de taxa en los tributarios de 7 a 13 que en el río, de 5 a 10 taxa por estación.

Figura 10. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012

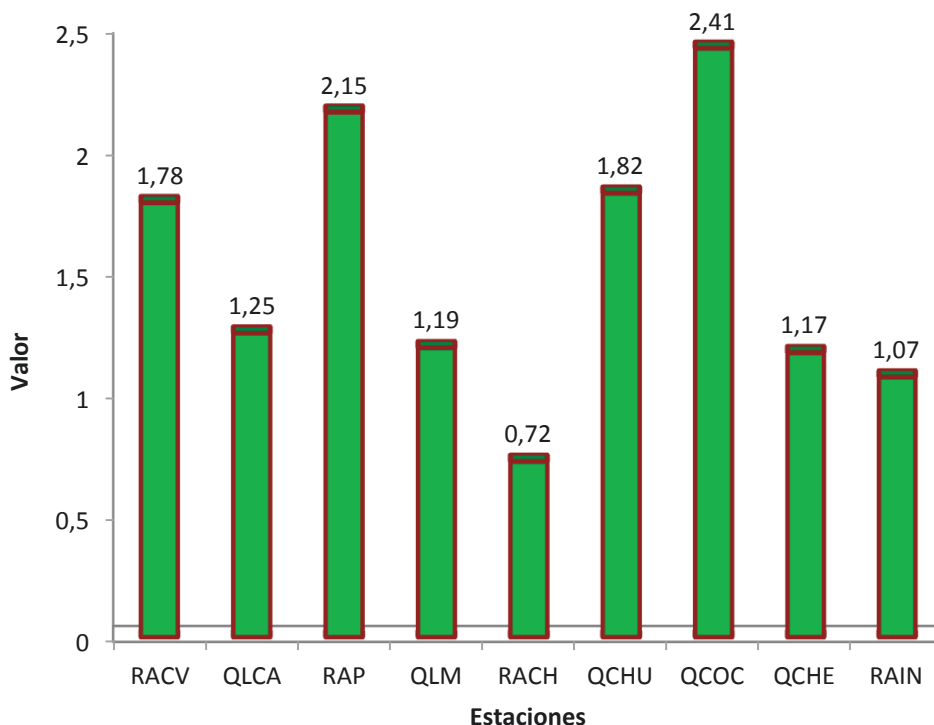


Fuente: El Autor

Riqueza de Margalef. Dentro de los periodos evaluados los mayores valores de riqueza se ubicaron en la estación quebrada Cocare ($D'=2.41$); seguido de la estación Rio Alvarado Puente ($D'=2.15$), y Quebrada Chumba ($D'=1.82$). Los valores de riqueza más bajos registrados se situaron en las estaciones Rio Alvarado Chucuni ($D'=0.72$), Rio Alvarado Inicio ($D'=1.07$) y quebrada Chembe ($D'=17$) (Figura 11).

Dominancia de Simpson. El valor de dominancia más alto se encontró en Rio Alvarado Chucuni ($\lambda=0.70$), seguido por Rio Alvarado Caldas Viejo ($\lambda=0.63$) y Quebrada La Caima ($\lambda=0.49$). Las estaciones que presentaron valores de dominancia más bajo fueron Rio Alvarado Puente y Quebrada Chumba (ambas con $\lambda=0.20$), seguidas de Quebrada Cocare ($\lambda=0.26$). Al contrario de la diversidad, los valores más altos de dominancia estuvieron sobre las estaciones ubicadas en el cauce principal (Figura 12).

Figura 11. Índice de riqueza de Margalef para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012

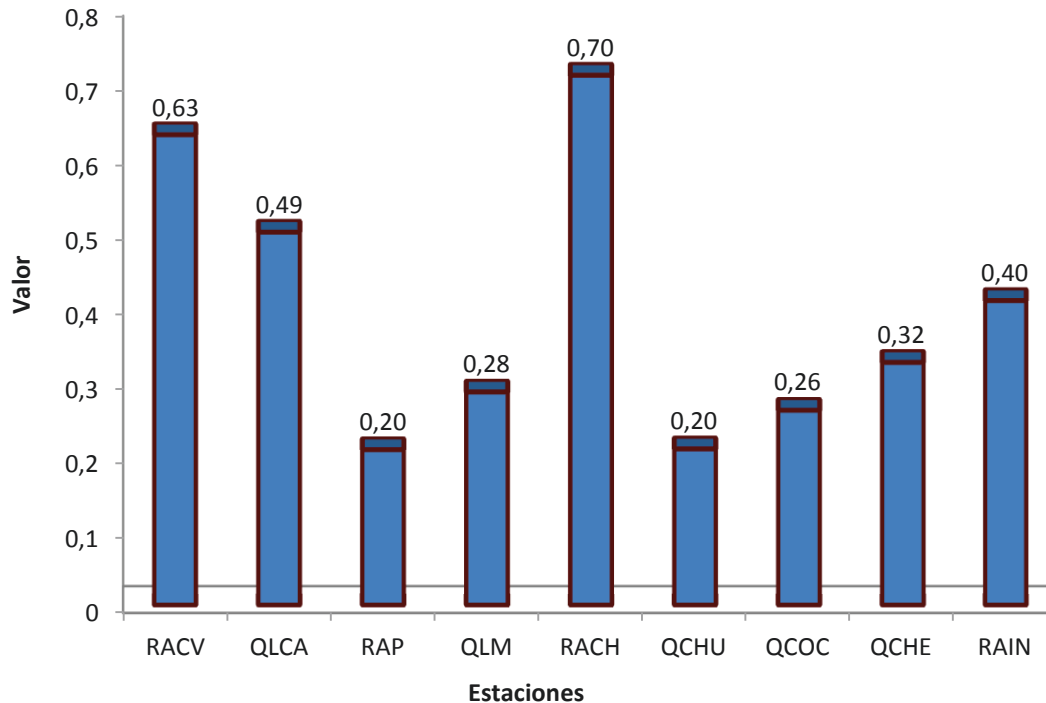


Fuente: El Autor

Similitud de Jaccard.

El análisis de similitud por estación, muestra el agrupamiento de las estaciones Quebrada Chumba y Quebrada Cocare con una similitud del 0,78 (78%) (Figura 13), compartiendo entre si los géneros *Nectopsyche*, *Atanatolica*, *Grumichella*, *Oecetis* (Leptoceridae), *Marilia* (Odontoceridae), *Helicopsyche* (Helicopsychidae), *Hydroptila*, *Oxyethira* (Hydroptilidae), *Leptonema* y *Smicridea* (Hydropsychidae). De la misma manera la estación Quebrada La Manjarres, comparte con estas dos estaciones una Similaridad de 0,63 (63%), teniendo en común siete géneros.

Figura 12. Índice de dominancia de Simpson para los tricópteros de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012



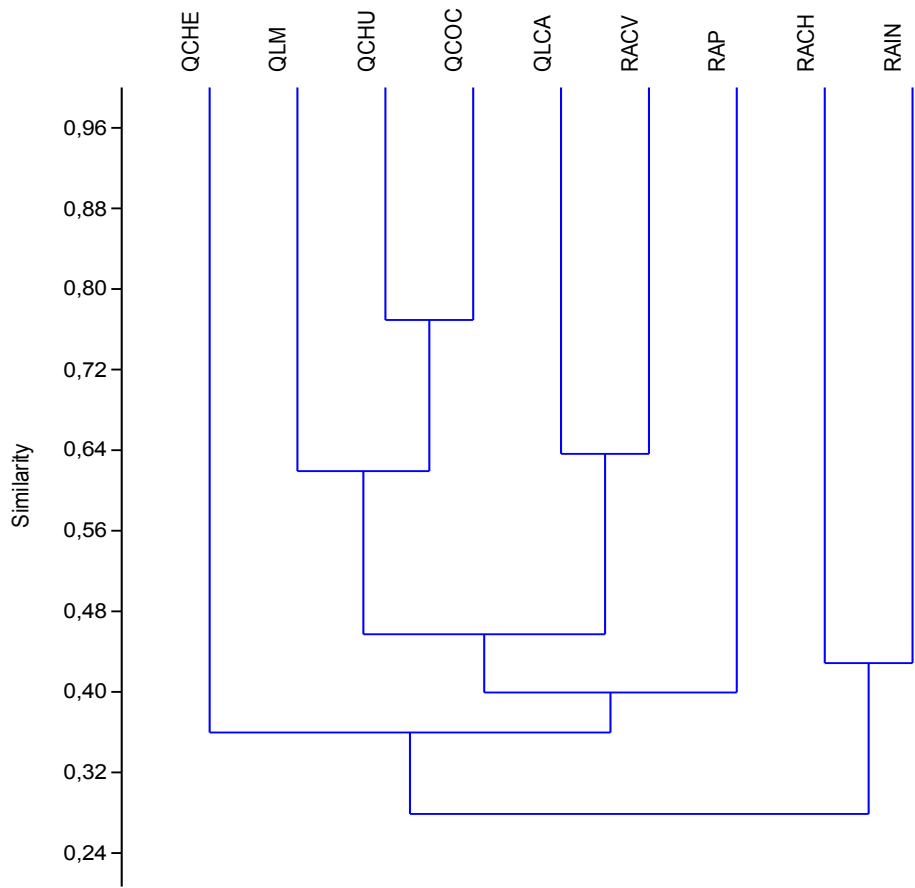
Fuente: El Autor

Surge un segundo grupo conformado por las estaciones Quebrada La Caima y Rio Alvarado Caldas Viejo con una similitud del 0,64 (64%), compartiendo géneros como *Grumichella* (Leptoceridae), *Hydroptila* (Hydroptilidae), *Mortoniella* (Glossosomatidae), *Smicridea*, *Leptonema* (Hydropsychidae), *Chimarra* (Philopotamidae) y *Marilia* (Odontoceridae).

Los dos grupos presentan una Similaridad de 0,46 (46%) teniendo en común los géneros *Leptonema* y *Smicridea*. Un tercer grupo aparece de forma independiente del resto de las estaciones conformado por Rio Alvarado Chucuni (RACH) y Rio Alvarado Inicio (RAIN), estas estaciones tienen una Similaridad de 0,42 (42%) este agrupamiento es debido a los géneros *Culoptila* (Glossosomatidae), *Leptonema* y *Smicridea* (Hydropsychidae) (Figura 13).

La estación Quebrada Chembe presenta el grado más alto de disimilitud con 0.35 (35%) seguida por río Alvarado puente con 0.39 (39%). Finalmente la integración del grupo principal conformado por 7 estaciones y el grupo independiente RACH-RAIN muestra un nivel de asociación de 0.33 (33%) estando concatenadas por la familia Hydropsychidae con sus dos géneros representantes *Leptonema* y *Smicridea* (Figura 13).

Figura 13. Índice de Similitud de Jaccard para las 9 estaciones en la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



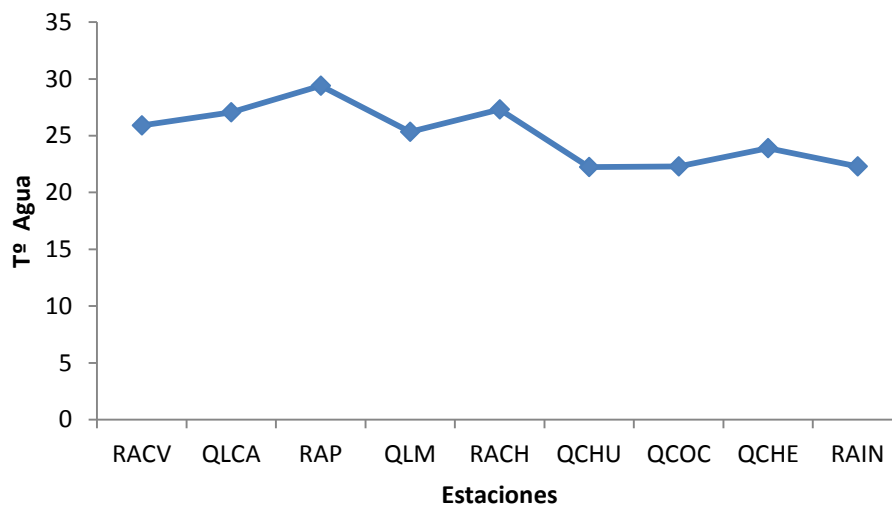
Fuente: El Autor

4.7 Variables fisicoquímicas

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos se analizaron 12 variables fisicoquímicas y una bacteriológica, en cada una de las estaciones de muestreo.

Temperatura. Los valores de temperatura del agua en las 9 estaciones muestreadas en el río Alvarado oscilaron entre 22°C y 29 °C con un valor promedio de 25,08 °C. La estación Rio Alvarado Puente presento en promedio el valor más alto de temperatura del Agua (29,40°C), seguido de la Quebraba La Caima (27.05). El valor de temperatura más bajo se registró en la estación Quebrada Chumba (22.25 °C) (Figura 14).

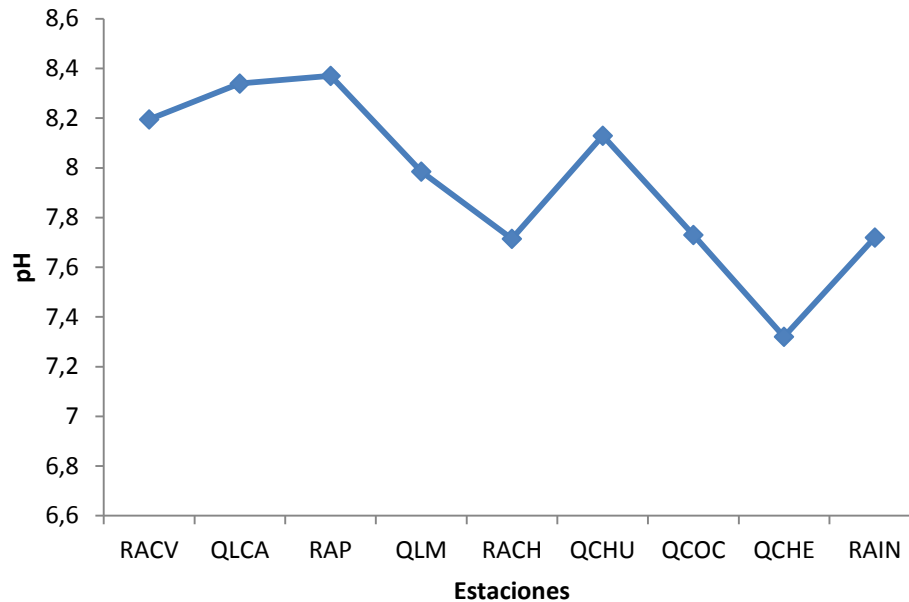
Figura 14. Comportamiento de la temperatura del agua en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012



Fuente: El Autor

pH. En la estaciones muestreadas en el río Alvarado los valores de pH oscilaron entre 7.3 y 8,3 unidades, con un valor promedio de 7,95 unidades. La estación Río Alvarado Puente obtuvo el valor de pH más alto 8,37 unidades, seguido de Quebrada La Caima 8.34 unidades. La estación Quebrada Chembe registro el valor más bajo de pH 7,32 unidades (Figura 15).

Figura 15. Fluctuaciones del pH en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012

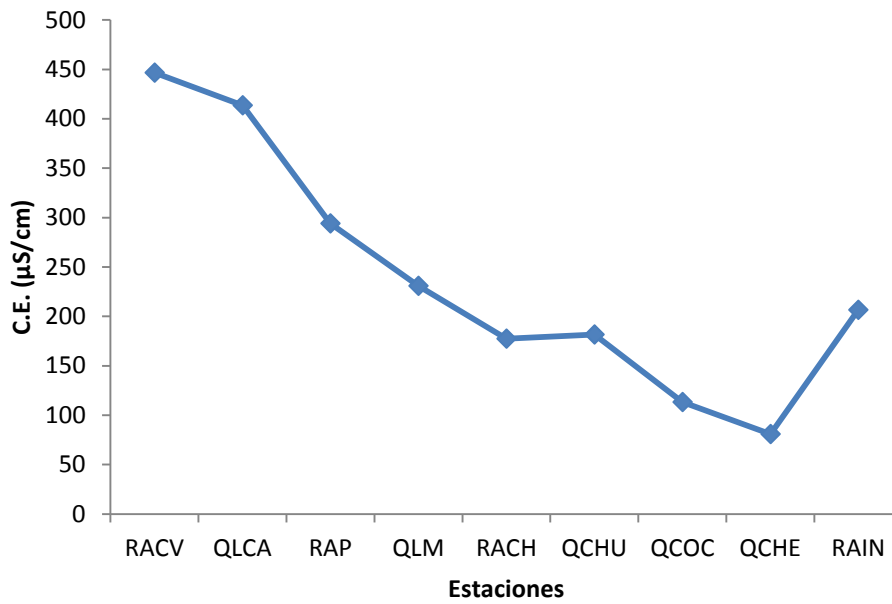


Fuente: El Autor

Conductividad Eléctrica. La conductividad eléctrica en las estaciones muestreadas en el río Alvarado oscilo entre 80 $\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{C}$ y 446 $\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{C}$, el valor promedio para esta variable fue de 238,29 $\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{C}$. En promedio los valores más altos de conductividad eléctrica se registraron en la estación Río Alvarado Caldas Viejo (446.50 $\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{C}$); en promedio el valor más bajo fue para la estación Quebrada Chembe (80.9 $\mu\text{S}/\text{cm}\cdot\text{C}$) (Figura 16).

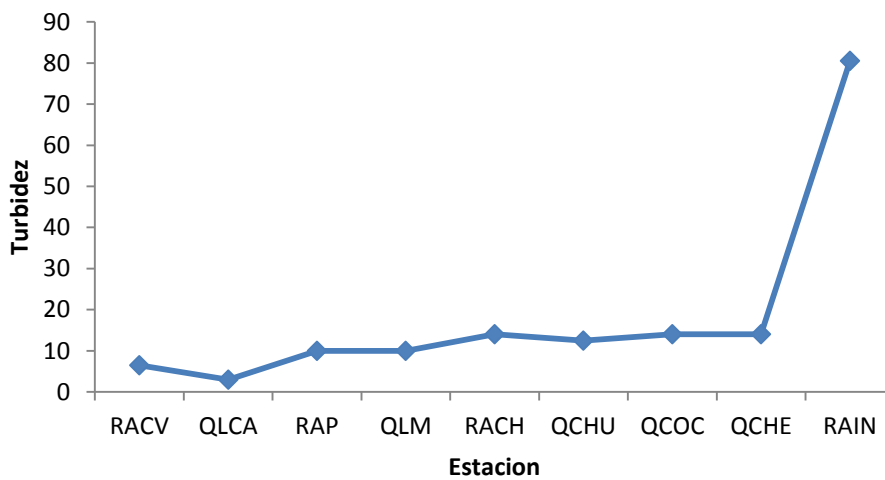
Turbiedad. Los valores de turbiedad para las estaciones muestreadas estuvieron comprendidos entre 3 UNT y 80 UNT, y su valor promedio fue de 18,28 UNT. La estación Río Alvarado Inicio presento en promedio el valor más alto de turbiedad (80.50 UNT). Las estaciones Quebrada La Caima y Río Alvarado Caldas Viejo mostraron los valores más bajos para esta variable (3 UNT y 6,50 UNT, respectivamente) (Figura 17).

Figura 16. Comportamiento de la conductividad eléctrica en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012



Fuente: El Autor

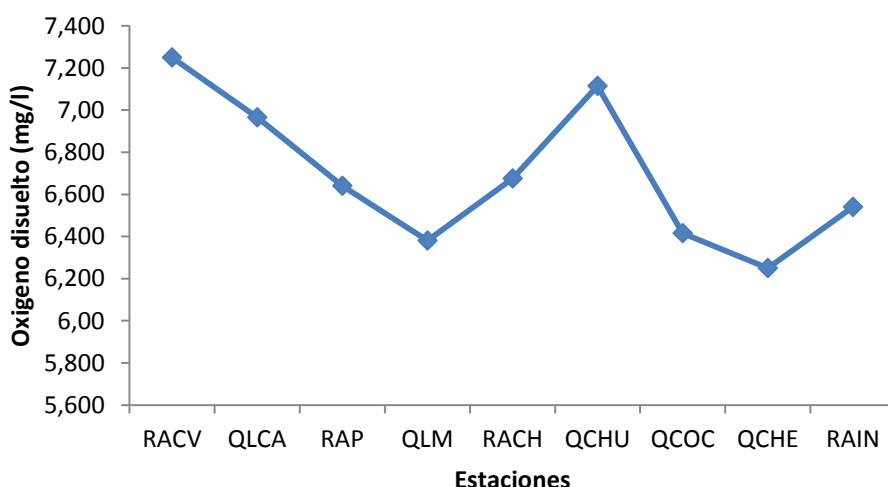
Figura 17. Comportamiento de la turbidez en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012



Fuente: El Autor

Oxígeno disuelto. En las estaciones muestreadas en el río Alvarado se registraron valores de oxígeno disuelto que oscilaron entre 6,25 mg/l y 7,25 mg/l, con un valor promedio de 6,69 mg/l. Los promedio de valores más altos para esta variable se mostraron en las estaciones Río Alvarado Caldas Viejo (7,25 mg/l) y Río Alvarado Chucuni (7,12 mg/l). En promedio el valor más bajo lo obtuvo la estación Quebrada Chembe (6,25 mg/l) (Figura 18).

Figura 18. Fluctuaciones del oxígeno disponible en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012



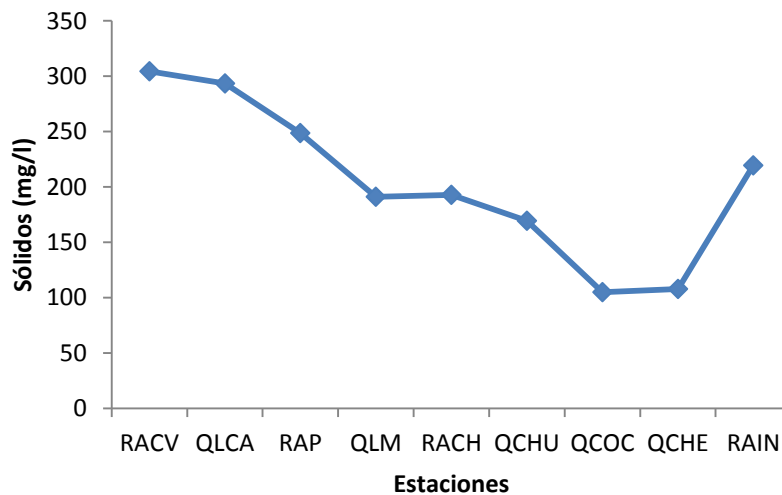
Fuente: El Autor

Sólidos Totales. Los valores para ésta variable oscilaron entre 105 mg/l y 305 mg/l, con un valor promedio de 203.61 mg/l. La estación Río Alvarado Caldas Viejo obtuvo en promedio el valor más alto de sólidos totales (304.5 mg/l). En promedio, los valores más bajos reportados para esta variable fueron, las estaciones Quebrada Cocare (105 mg/l), y Quebrada Chembe (108 mg/l) (Figura 19).

Demanda Química (DQO). En la cuenca del río Alvarado, los valores obtenidos para esta variable estuvieron comprendidos entre 8 mg O₂/l y 95 mg O₂/l, con un valor

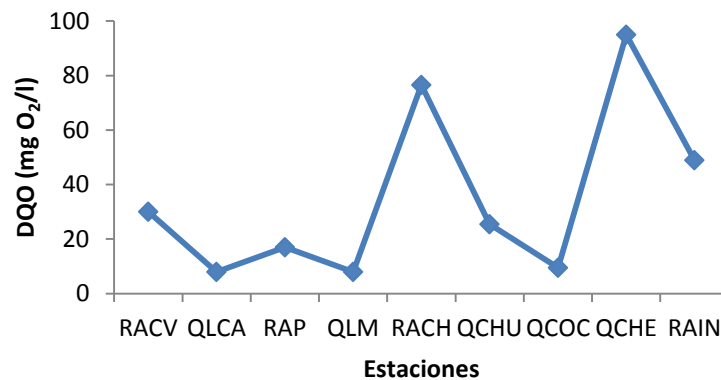
promedio de 35.39 mg O₂/l. Las estaciones que registraron el promedio de valores más altos para estas variables fueron, Quebrada Chembe (95 mg O₂/l) y Río Alvarado Chucuni (76.50 mg O₂/l). El promedio de valores más bajos se observaron en las estaciones, Quebrada la Caima y La Manjarres (8 mg O₂/l) (Figura 20).

Figura 19. Comportamiento de los sólidos totales en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

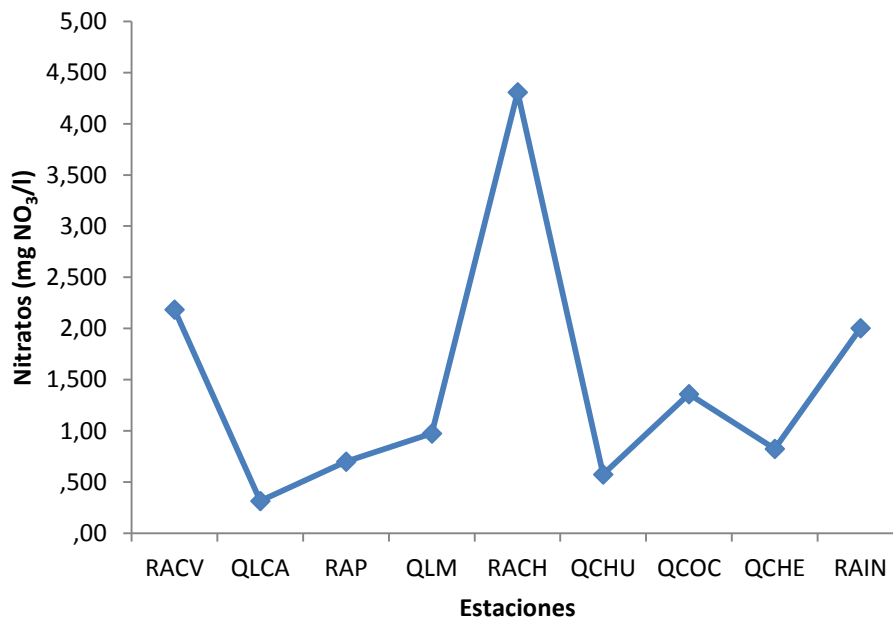
Figura 20. Fluctuaciones de la DQO en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Nitratos. Los valores obtenidos para nitratos en las estaciones del río Alvarado oscilaron entre 0,32 mg NO₃/l y 4,31 mg NO₃/l, y su valor promedio fue de 1,47 mg NO₃/l. La estación Río Alvarado Chucuni mostro en promedio los valores más altos de nitratos con (4,31 mg NO₃/l). Contrario a esto, las estaciones Quebrada la Caima y Quebrada Chumba registraron los valores más bajos para esta variable (0,32 y 0,52 mg NO₃/l, respectivamente) (Figura 21).

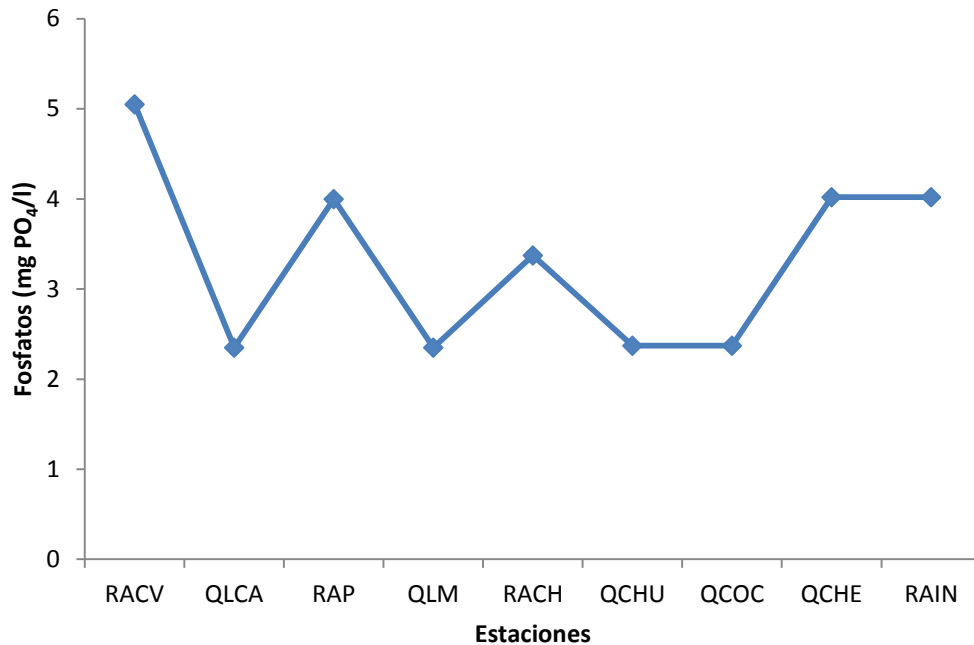
Figura 21. Comportamiento de los nitratos en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Fosfatos. Se registraron valores que oscilaron entre 2,3 mg PO₄/l y 5 mg PO₄/l, y su valor promedio estuvo en 3,32 mg PO₄/l. En promedio, la estación Río Alvarado Caldas Viejo registro el valor más alto para esta variable (5,05 mg PO₄/l), seguido de Quebrada Chembe y Rio Alvarado Inicio (4.02 mg PO₄/l). En las estaciones Quebrada La Caima y La Manjarres se obtuvieron los valores más bajos de fosfatos (2,35 PO₄/l) (Figura 22).

Figura 22. Comportamiento de los fosfatos en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

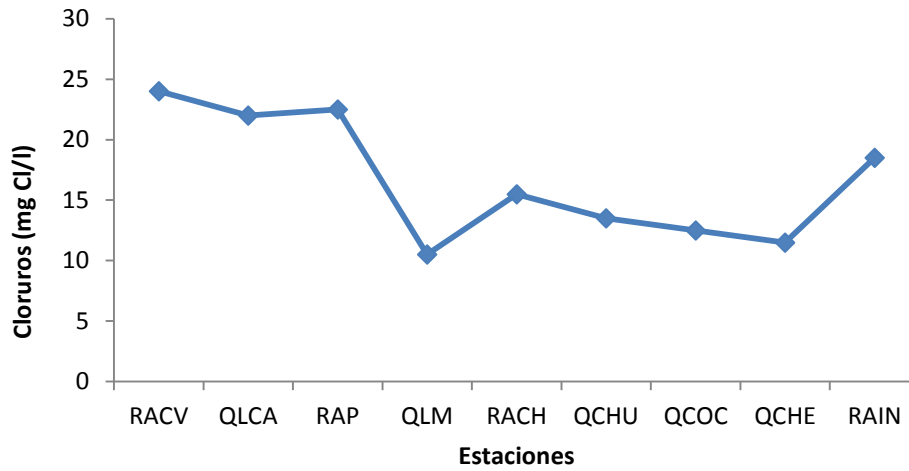


Fuente: El Autor

Cloruros. Los valores de la variable cloruros estuvieron comprendidos entre 10,5 mg Cl/l y 24 mg Cl/l, y su valor promedio fue 16,72 mg Cl/l. El valor más alto estuvo en la estación Río Alvarado Caldas Viejo (24 mg Cl/l), y el valor más bajo lo registro la estación Quebrada La Manjarres con 10,5 mg Cl/l (Figura 23).

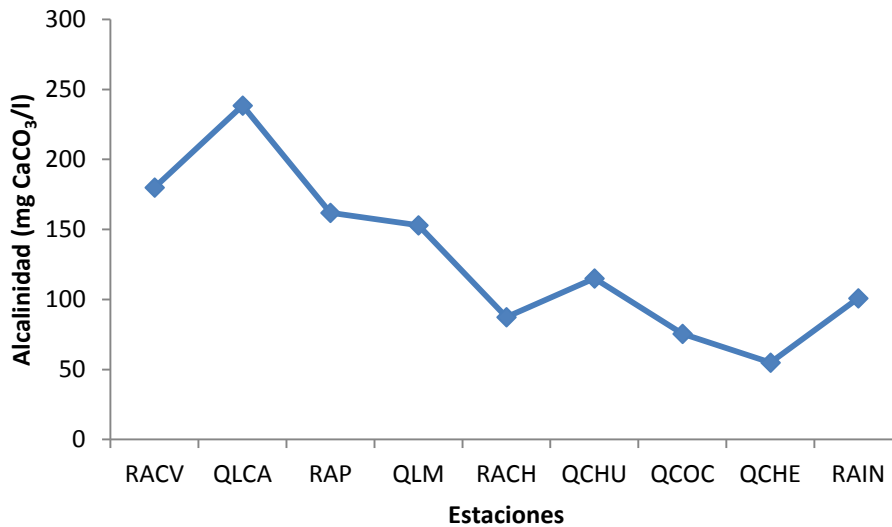
Alcalinidad. Con respecto a la alcalinidad en las estaciones muestreadas en el río Alvarado los valores oscilaron entre 55 mg CaCO₃/l y 238,5 mg CaCO₃/l, y su valor promedio fue de 129,7 mg CaCO₃/l. El promedio de valores más alto estuvo en la estación Quebrada La Caima (238,5 mg CaCO₃/l) y Rio Alvarado Caldas Viejo (180 mg CaCO₃/l). La estación Quebrada Chembe registro para esta variable el promedio de valores más bajo (55 mg CaCO₃/l) (Figura 24).

Figura 23. Comportamiento de los cloruros en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

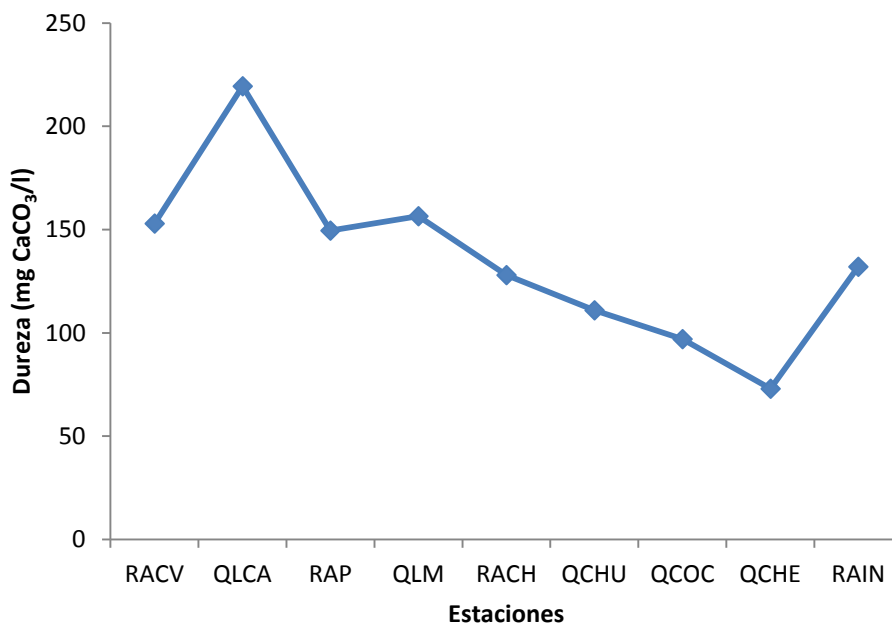
Figura 24. Comportamiento de la alcalinidad en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Dureza. Los valores obtenidos para esta variable oscilaron entre 73 mg CaCO₃/l y 219,5 mg CaCO₃/l, con un valor promedio de 135,5 mg CaCO₃/l. El valor más alto de dureza fue obtenido en la estación Quebrada La Caima (219,5 mg CaCO₃/l). La estación Quebrada Chembe mostro en promedio un valor de dureza (73 mg CaCO₃/l) siendo el más bajo con respecto a esta variable (Figura 25).

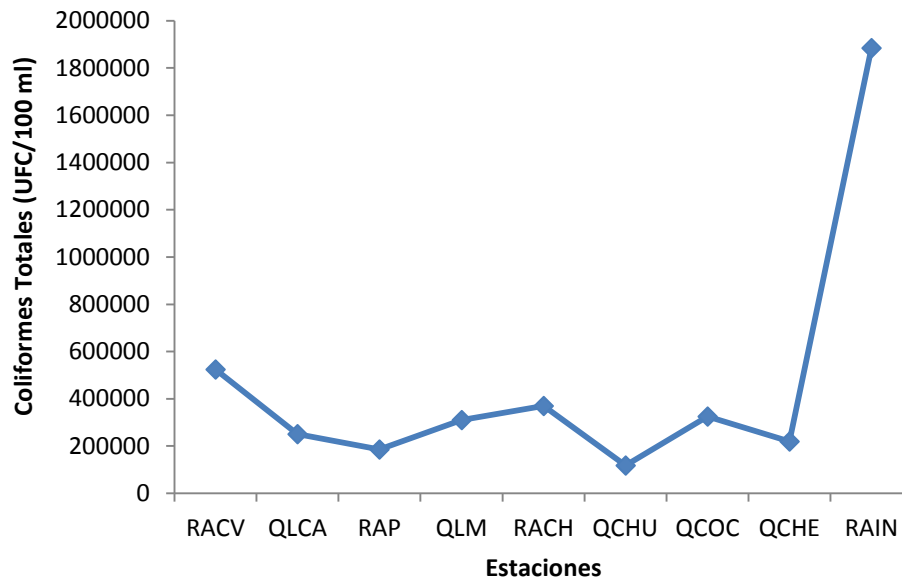
Figura 25. Comportamiento de la dureza en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

Coliformes Totales. En relación con la variable coliformes totales se evidencio que los valores oscilaron entre 117500 UFC/100 ml y 1885000 UFC/100 ml, con un valor promedio de 465333 UFC/100 ml. La estación Río Alvarado Inicio mostro en promedio los valores más altos para coliformes totales (1885000 UFC/100 ml). Los valores más bajos para esta variable se registraron en la estación Quebrada Chucuni (117500 UFC/100 ml) (Figura 26).

Figura 26. Comportamiento de los coliformes totales en las estaciones muestreadas en del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.



Fuente: El Autor

4.8 Análisis de Varianza

La prueba de normalidad para la variables fisicoquímicas mostro que la temperatura de agua, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales, alcalinidad y dureza presentaron distribución normal ($P > 0,05$). El análisis de varianza demostró que no existe homogeneidad en ninguna de las variables estudiadas ($P < 0,05$). Los resultados obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis evidencian que la mayor parte de las variables no presentan diferencias significativas a nivel de estaciones ($P > 0,05$), sin embargo la temperatura del agua, conductividad eléctrica y alcalinidad si presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

4.9 Análisis Multivariado.

4.9.1 Análisis de Componentes Principales

Las variables fisicoquímicas con mayor influencia en la dinámica del río fueron determinadas con el análisis de componentes principales. Los resultados de este análisis indican que el factor 1 con valor de 6,868252 representa el 42,9% de la varianza, definiéndolo como el primer componente principal. El siguiente factor en postularse como componente principal es el factor 2 con un valor de 3,512534, el cual representa el 21,9% de la varianza. Estos dos componentes explican el 64,8% de la variación total en la dinámica de la cuenca (Tabla 9).

Tabla 9. Valores propios y porcentaje de variación total en el ACP para las variables fisicoquímica analizadas en las 9 estaciones del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

Autovalor	% Varianza Total	% Acumulativo
6,868252	42,92657	42,9266
3,512534	21,95333	64,8799
2,337446	14,60903	79,4889
1,123116	7,01947	86,5084
0,869554	5,43471	91,9431
0,628061	3,92538	95,8685
0,451664	2,82290	98,6914
0,209375	1,30859	100,0000

Fuente: El Autor

Las variables que mayor contribución presentaron en los 2 factores principales fueron turbiedad, nitratos, coliformes totales y velocidad media. Por otro lado la mayoría de las variables tiene más alta contribución en el factor 2 en las cuales resaltan además de las ya mencionadas el pH, fosfatos y caudal (Tabla 10).

En el diagrama de dispersión se puede observar la vinculación de un grupo de variables (dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, cloruros) estrechamente relacionadas con algunos procesos de mineralización en la cuenca. Otras variables que muestran un nivel de asociación alto en el diagrama son los coliformes totales, fosfatos, turbidez y nitratos, estas variables se encuentran relacionadas con procesos de óxido-reducción de la materia orgánica (Figura 27).

Tabla 10. Contribución absoluta de las variables a los factores F1 y F2 en el ACP para las variables fisicoquímica analizadas en las 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de Septiembre y Diciembre de 2012.

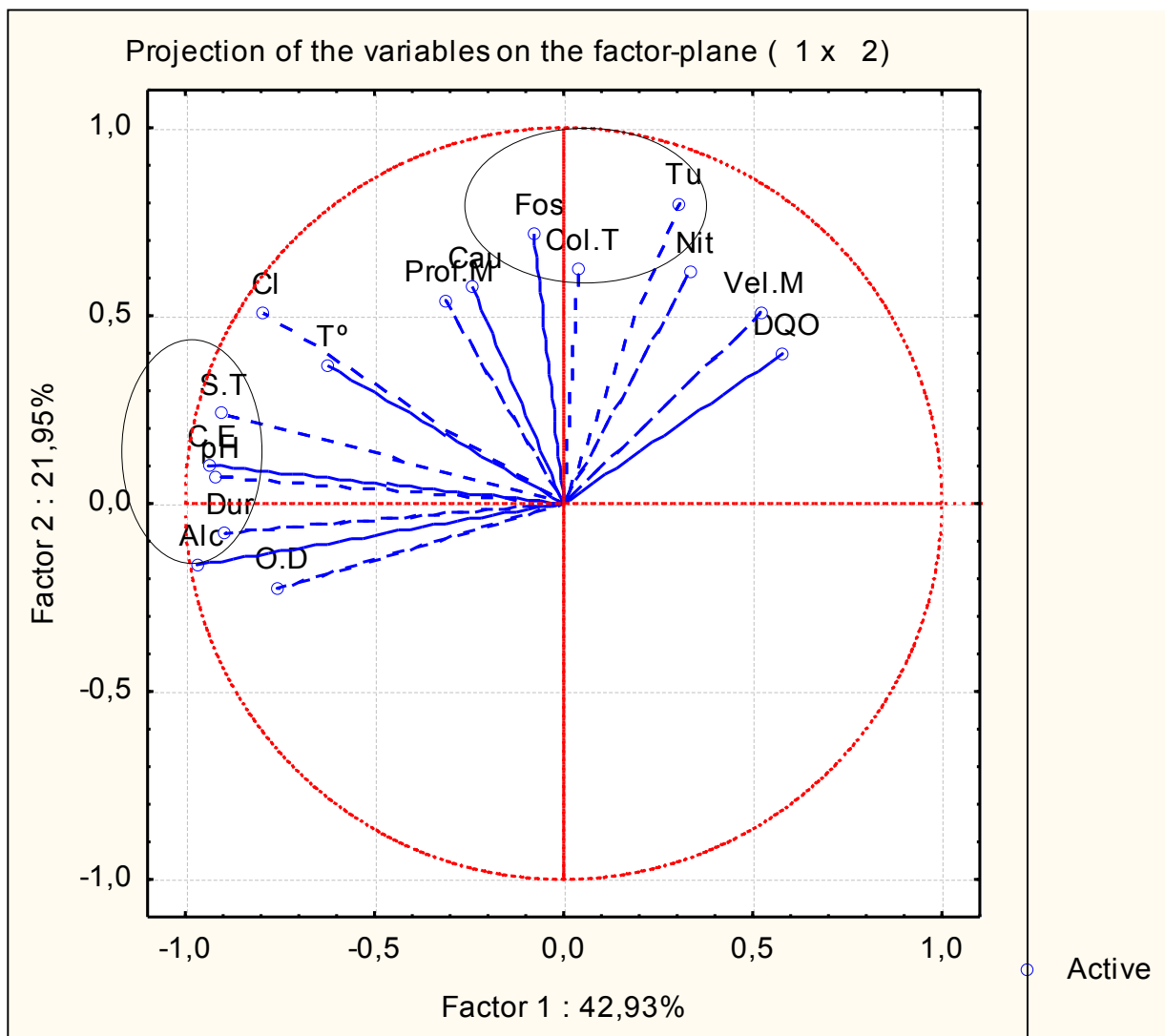
Variables	Factor 1	Factor 2
T. Agua	-0,622702	0,367042
pH	-0,920788	0,071767
C.E	-0,939521	0,100039
Turbidez	0,307633	0,798058
O.D	-0,757691	-0,225327
S.T.	-0,907568	0,238380
DQO	0,578795	0,398895
Nitratos	0,335749	0,617394
Fosfatos	-0,079369	0,717282
Cloruros	-0,796645	0,507722
Alcalinidad	-0,968993	-0,162941
Dureza	-0,894948	-0,079766
Coli. Tot	0,041158	0,624841
Prof. M	-0,311453	0,540938
Vel. M	0,520555	0,509687
Caudal	-0,243524	0,574335

Fuente: El Autor

El diagrama de dispersión para la estaciones de muestreo indica cercanía espacial de las estaciones Río Alvarado Caldas Viejo y Río Alvarado Puente con el grupo de variables asociadas a procesos de mineralización (dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, cloruros). Río Alvarado Inicio y Río Alvarado Chucuni

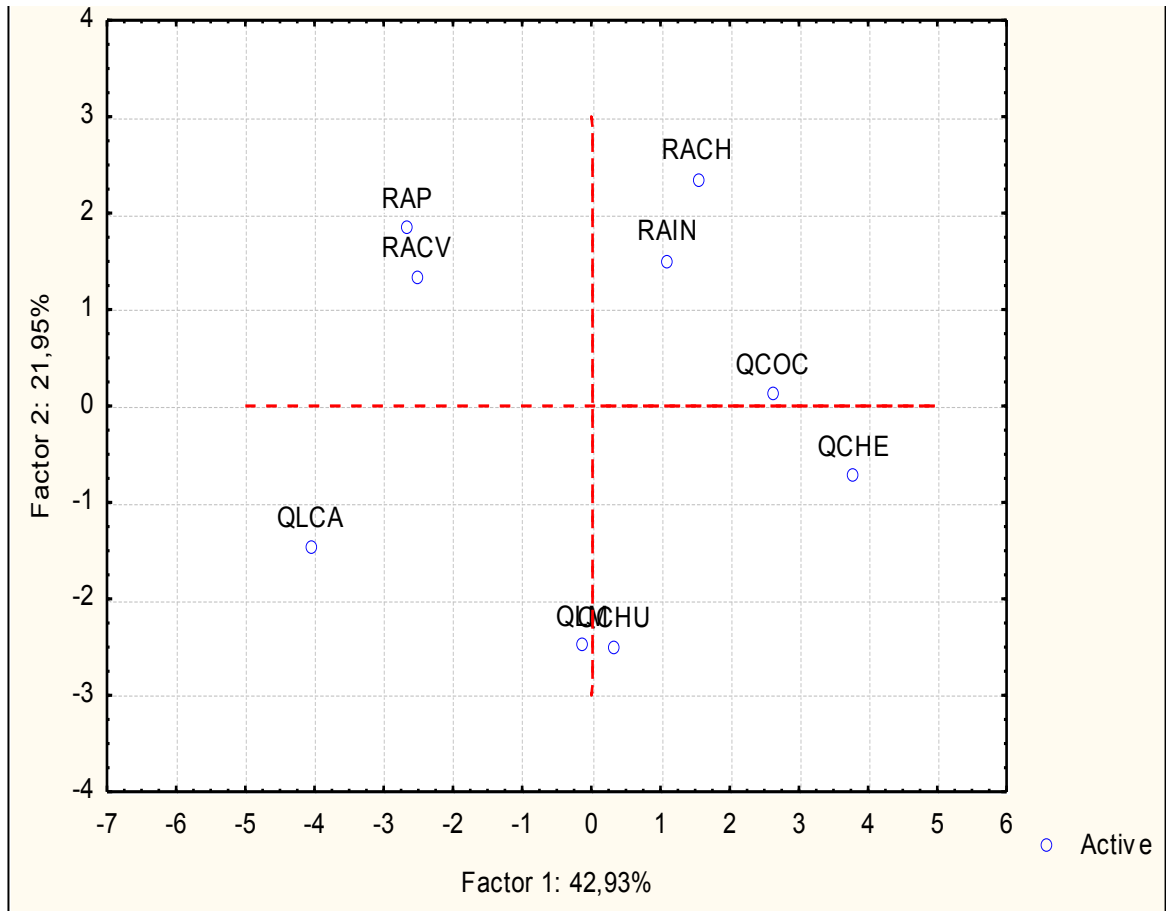
parecen estar relacionadas con las variables que indican procesos de óxido reducción (Fosfatos, coliformes totales, turbiedad y nitratos). Los tributarios no aparentan relación alguna con las variables fisicoquímicas o bacteriológicas evaluadas durante los periodos de muestreo (Figura 28).

Figura 27. Biplot 1X2 del ACP de los parámetros fisicoquímicos registrados en las estaciones de muestreo del río Alvarado.



Fuente: El Autor

Figura 28. Diagrama de dispersión de las estaciones de muestreo del río Alvarado en cada componente.



Fuente: El Autor

4.9.2 Análisis de Correspondencia Canónica

El análisis de correspondencia canónica permitió visualizar la relación existente entre algunos géneros de tricópteros con las estaciones de muestreo y las variables fisicoquímicas evaluadas en la cuenca del río Alvarado. El test de Monte Carlo indicó que las variables que tienen mayor incidencia en la distribución de los datos son los cloruros y la turbidez ($P < 0.05$) (Figura 29). Se observa que en las estaciones Río Alvarado Chucuni y Puente el género *Protophila* está asociado con las variables fosfatos y DQO; los géneros *Hydrophila* y *Mortoniella* se encuentran próximos a las

estaciones Rio Alvarado Caldas Viejo y Quebrada La Caima y están influenciados por las variables oxígeno disuelto, velocidad media, alcalinidad y pH (Figura 30).

Tabla 11. Efectos condicionantes de las variables fisicoquímicas en la cuenca del rio Alvarado (septiembre y diciembre 2012).

Variable	λ_a	P	F
Cloruros	0.24	0.028*	1.98
Turbidez	0.19	0.044*	1.74
Sólidos Totales	0.17	0.092	1.74
pH	0.15	0.132	1.72
Temperatura del agua	0.13	0.144	1.89
Conductividad eléctrica	0.10	0.250	1.74
Nitratos	0.06	0.342	1.42
Oxígeno Disuelto	0.05	1.000	0.00

*Con diferencia estadísticamente significativa

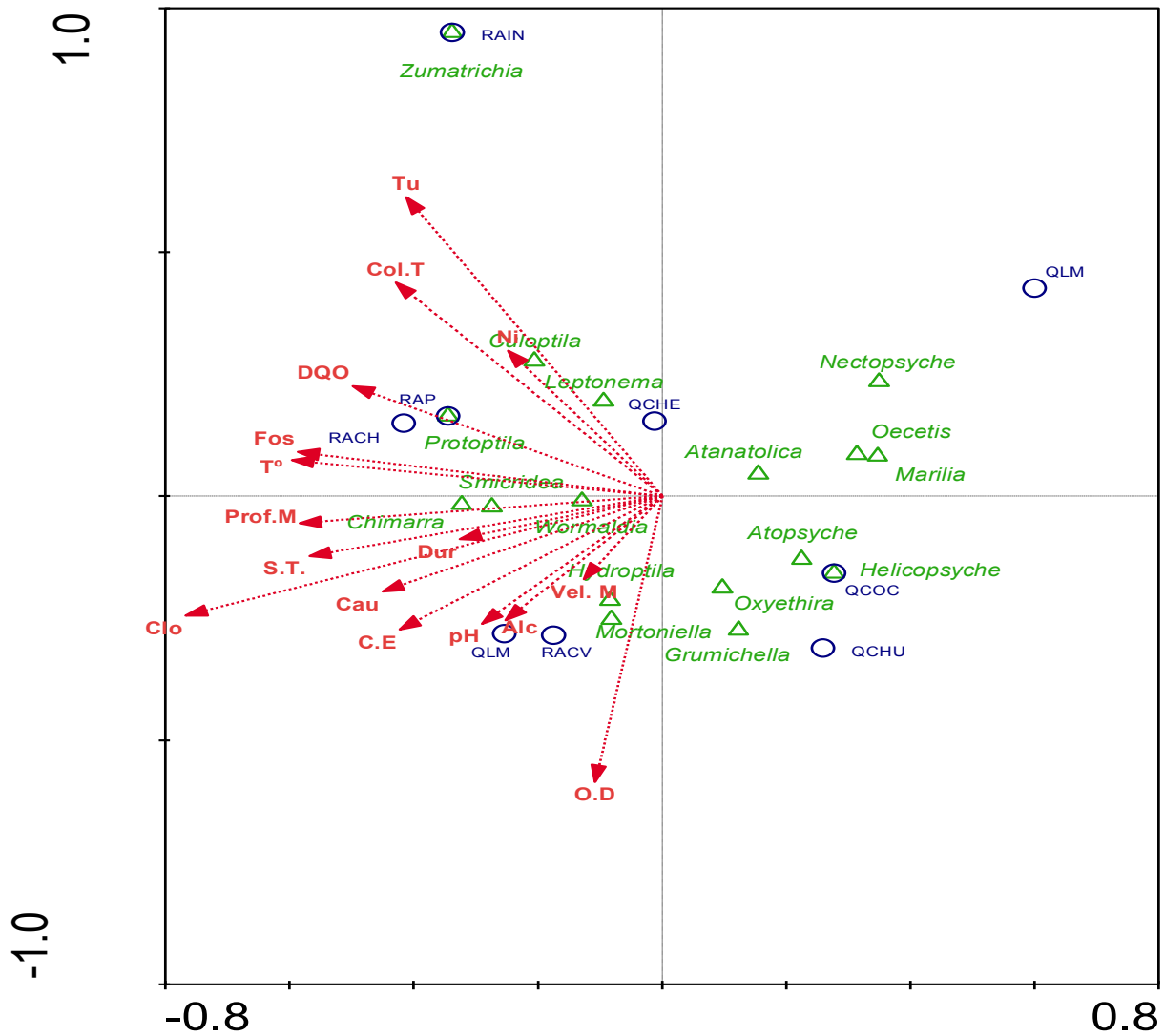
Fuente: El Autor

Se evidencia en el plano que los géneros *Leptonema* y *Culoptila* están relacionados con la turbiedad, nitratos y coliformes totales, variables asociadas a procesos de óxido reducción. *Smicridea* y *Chimarra* se hallan dependientes de temperatura, sólidos totales, fosfatos y profundidad; finalmente el género *Wormaldia* está relacionado con las variables, velocidad media, alcalinidad, pH, conductividad eléctrica, caudal, dureza, cloruros, sólidos totales, profundidad y cloruros; estos géneros no presentan ninguna relación significativa con ninguna estación, excepto *Leptonema* que se halló próximo a Quebrada Chembe.

Por otro lado Muchos de los géneros se encuentran distantes en el plano y no parecer estar influenciados por los efectos de las variables fisicoquímicas. Algunas de las estaciones de muestreo tampoco presentan relación con los parámetros fisicoquímicos, la estación quebrada la Manjarres es la que se encuentra más distante y no presenta asociación con ningún género ni con alguna variable ambiental, por otro lado la

estación río Alvarado inicio se encontró relacionada con el género *Zumatrichia* y quebrada cocare con los géneros *Helicopsyche* y *Atopsyche* (Figura 30).

Figura 29. Diagrama de ordenación de ACC entre las variables fisicoquímicas y los tricópteros en las estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado (septiembre y diciembre 2012).



Fuente: El Autor

5 DISCUSIÓN

5.1 Parámetros Biológicos

Los tricópteros son uno de los grupos de macroinvertebrados más abundantes y diversificados en los ambientes loticos y más aún en el neotropico (Angrisano & Sganga, 2009). El rol ecológico que juegan estos organismos es de suma importancia para los ecosistemas acuáticos (Springer, 2010), siendo pilares fundamentales en las cadenas alimenticias, además de esto Flint, Mc Alpine & Ross (1987) indica que la tricoptero fauna Neotropical es poco conocida por lo que nuevos estudios del orden aumentan considerablemente el conocimiento acerca de su taxonomía y ecología, siendo reportados nuevos géneros y especies constantemente. En concordancia con esto, el presente estudio registró 1225 organismos de este orden en la cuenca del Rio Alvarado, distribuidos en 8 familias y 17 géneros.

Estudios anteriores sobre la misma cuenca (Reinoso, 2001) mostraron una baja representatividad del orden reportando tan solo 584 organismos durante 6 meses de muestreo, distribuidos en 5 familias y 7 géneros. Estos datos, comparados con lo obtenido durante este estudio, muestran que la composición aumento notablemente, registrando mayor número de familias y géneros, con abundancias superiores a las obtenidas en tan solo dos meses de muestreo. A pesar de la acelerada degradación de la cuenca a causa de su aprovechamiento industrial, agrícola y pecuario (Beltrán & Trujillo, 1999), del rio, éste provee condiciones necesarias para mantener constantes las comunidades de macroinvertebrados, especialmente del orden Trichoptera que dado su comportamiento variable de euritipico a estenotipico (Quintero & Rojas, 1987), son capaces de tolerar los diversos tensores que presenta la cuenca.

Los resultados obtenidos al ser comparados con estudios previos para cuencas del departamento del Tolima dentro de los cuales se ubican los efectuados por Guevara (2004), López (2007) y Vásquez (2008) presentan grandes similitudes en composición

y abundancia de la comunidad de tricópteros, sin embargo en estos estudios se denota mucha mayor riqueza y abundancia de estos organismos en comparación con este estudio, esto probablemente se debe al uso desmedido de la cuenca y la constante degradación por efectos de las actividades humanas (Reinoso, 2001).

5.2 Abundancia del Orden

La familia Hydropsychidae presento la más alta abundancia (60.6%) del total de organismos colectados. Esta familia es ampliamente conocida por ser cosmopolita (Posada & Roldan, 2003) y fuertemente dominante en los sistemas loticos, debido a la capacidad de tolerar diversas condiciones medioambientales (López, 2007) que van desde ambientes altamente conservados hasta fuertemente degradados, además son capaces de colonizar múltiples sustratos (roca, arena, grava y hojarasca) por lo que pueden ubicarse en cualquier sector del río, independientemente del caudal o magnitud. Diversos estudios (Reinoso, 2001; Guevara, 2004; López, 2007; Vásquez *et al*, 2010; Forero, 2011 y Vásquez & Reinoso 2012), reportan a la familia Hydropsychidae como la más abundante en las cuencas de los ríos Alvarado, Coello, Amoya, Prado, Totare, Opia y Venadillo. En sus respectivos trabajos se menciona reiteradamente el amplio espectro de sustratos colonizados (hojarasca, vegetación ribereña, arena, troncos, rocas) por los organismos de esta familia, además de la elevada capacidad de tolerar variaciones ambientales. Flint (1983) en su estudio de tricópteros neotropicales indica que esta familia es de las más comunes y abundantes encontradas en los sistemas loticos de todo el mundo; estas evidencias sustentan en gran parte la amplia distribución y alta abundancia que presenta esta familia en el río Alvarado.

Se registraron los géneros *Smicridea* y *Leptonema*, con los mayores valores de abundancia y de distribución. Dentro de los ecosistemas loticos el género *Smicridea* se presenta como el más común del orden (Flint, 1974), esto se debe posiblemente a la facilidad de estos organismos a adaptarse a las condiciones fisicoquímicas y ecológicas ofrecidas por las estaciones estudiadas (Forero, 2011). *Smicridea* presenta

el mayor número de organismos (Reinoso, 2001; Guevara, 2004; Mosquera & Bejarano, 2006; López, 2007; Vásquez, 2008; Forero, 2011 y Vásquez 2012), siendo por tanto el más dominante (Flint, 1983) y por ende constituye el principal componente de la comunidad de tricópteros evaluada. Por otra parte *Leptonema* presenta organismos de tallas superiores (Springer, 2010) y esta reportado entre los de mayor distribución y resistencia a los ambientes degradados (Zúñiga *et al*, 1994).

Las familias que presentaron menor abundancia fueron Hydrobiosidae y Glossosomatidae, esto puede estar mediado por la especificidad del método de colecta o la exigencia de microhábitat o hábitos alimenticios específicos (Posada & Roldan, 2003). Generalmente ocurre que estas familias sean las menos representativas dentro de los estudios de comunidades de tricópteros (Guevara, 2004; López, 2007 y Vásquez *et al*, 2010). A pesar de ser cosmopolita la familia Hydrobiosidae, la mayoría de sus géneros se encuentran restringidas para el nuevo mundo (Schmid, 1989) solo el género *Atopsyche* se halla en Colombia (Muñoz-Quezada, 2000), La poca ocurrencia de éste género se debe a que es de vida libre y carnívoro por lo que su constante movimiento dificulta su captura, además porque se encuentran predominantemente en arroyos fríos y rápidos (Rueda, 2008). En contraste con lo obtenido Rincón *et al*. (2006), reporta a la familia Glossosomatidae como la de mayor abundancia, a causa de baja cobertura de la vegetación riparia que permite una mayor penetración de la radiación solar y un incremento del perifiton, el cual constituye la principal fuente de alimento de este grupo.

La familia Hydroptilidae fue la segunda más abundante (13.2%), representada por tres géneros *Hydroptila*, *Oxyethira* y *Zumatrichia*, esta familias es de las más abundantes en las colectas especialmente el género *Hydroptila* (López, 2004); debido a su pequeño tamaño son capaces de albergar grandes poblaciones en espacios reducidos, además son capaces de colonizar múltiples sustratos (roca, grava, hojarasca, etc.) y soportar los diferentes tipos de corrientes en los sistemas loticos (Vásquez, 2008).

La familia Leptoceridae demostró ser la más diversa (*Atanatolica*, *Nectopsyche*, *Grumichella* y *Oecetis*), son de los grupos más ampliamente distribuidos y capaces de

soportar un amplio rango de condiciones en especial resistencia mecánica a las corrientes, por lo que virtualmente pueden colonizar cualquier sistema lotico (Vásquez, 2008), la presencia de varios representantes de este grupo implica que la cuenca posee los microhábitats necesarios para el desarrollo de los organismos, ya que cada uno de ellos tiene particulares exigencias de material exógeno para la construcción de sus estuches (Flint, 1991).

Las familias Helicopsychidae, Philopotamidae y Odontoceridae se presentaron con una abundancia considerable, estas familias son recurrentes en las colectas, diversos autores indican una representatividad fluctuante de estas familias, en ocasiones siendo muy abundantes o muy escasas (Rincón, 2002; Guevara, 2004, López, 2007, Vásquez, 2008). La familia Odontoceridae es referida en la mayoría de los estudios como una de las menos comunes, siendo su captura incidental (Huamantínco & Nessimian, 2004), sin embargo en la cuenca del río Alvarado el género *Marilia* se halló en una proporción considerable siendo una de las familias con mayor porcentaje de abundancia (6.6%), al parecer las estaciones río Alvarado Caldas Viejo y las quebradas La Caima, Manjarres, Chumba y Cocare proveen el tipo de corriente y sustrato pedregoso - rocoso necesario para su desarrollo. El género *Helicopsyche*, parece ser resistente a la presión mecánica del río, gracias a ello pueden ubicarse a lo largo de su cauce, siempre y cuando exista el sustrato con el material para la fabricación de refugios, siendo hallado tanto en rápidos como en remansos, son tolerantes a aguas cálidas y medianamente contaminadas (Roldán & Posada, 2003), por otro lado *Chimarra* y *Wormaldia* son típicos de corrientes limpias, sustrato pedregoso o acumulaciones de hojarasca (Springer, 2010). La cuenca del río Alvarado posee condiciones mixtas para albergar y sustentar los requerimientos de cada uno de estos organismos.

5.3 Distribución Espacial

La mayoría de las familias de tricópteros neotropicales son cosmopolitas (Holzenthal & Blahnick, 1997). Aunque algunos se distribuyen exclusivamente en zonas cálidas o templadas. Teniendo en cuenta lo anterior la cuenca del río Alvarado se ubica en el

bosque seco tropical y su configuración es de aguas cálidas de partes bajas y valles (Potamon) (Roldan, 1992). Los tricópteros en el río Alvarado se distribuyeron a lo largo de toda la cuenca, teniendo registro en todas las 9 estaciones de muestreo. Cada uno de los puntos muestreados varía en cuanto al tipo y magnitud de la corriente, vegetación riparia y grado de impacto ambiental (Vega & Reynaga, 1990), no obstante todas las estaciones ofertaban los diferentes sustratos para el desarrollo de comunidades bentónicas. Este factor, parece estar relacionado con la presencia de los organismos del orden trichoptera en la cuenca. La configuración y características de cada estación inciden directamente en la disposición de la comunidad de tricópteros, ya que esta se ve modificada por diversos factores dentro de los cuales destacan la altura, la disponibilidad de material exógeno para la construcción de los capullos, la oferta alimenticia, entre otros (Holzenthall *et al*, 2007).

La familia Hydropsychidae se registró en la totalidad de las estaciones y en casi todos los sustratos monitoreados para cada una, su distribución se debe principalmente a su carácter eurioico y cosmopolita (Posada & Roldan, 2003) el cual le permite colonizar tácitamente cualquier zona del río ya sea rápido o remanso, con algún grado de impacto o altamente conservada (Flint, 1987). Siendo estos dominantes en aguas corrientes tanto en abundancia como en diversidad (Angrisano & Korob, 2001). *Smicridea* y *Leptonema* se ubicaron a lo largo de toda la cuenca del río Alvarado, se registraron en las 9 estaciones estudiadas. Vásquez & Reinoso (2012) indican que para las cuencas de cuatro ríos de los andes estos géneros se encuentran ampliamente distribuidos y son predominantes dentro de los tricópteros con la capacidad de colonizar múltiples tipos de sustratos (arena, grava/guijarro, hojarasca y roca).

Atanatolica, *Nectopsyche*, *Hydroptila*, *Helicopsyche* y *Marilia* presentaron también una amplia distribución siendo registradas en 6 estaciones, cada uno de ellos es medianamente tolerante a las aguas contaminadas, y se ubican principalmente en los tributarios y en el cauce principal cerca a la desembocadura. Estos géneros se encuentran registrados en un gradiente altitudinal muy amplio desde los 300 hasta los 4000 msnm (Rincón, 1999; Guevara, 2004), lo cual en parte justifica su distribución en

la cuenca, ya que son capaces de soportar de diversos tipos de corrientes y temperaturas (Vásquez, 2008); opuesto a ello Rincón (1999) refiere a *Nectopsyche*, *Marilia* e *Hydroptila* como poco abundantes y con preferencia de corrientes frías de zonas altas por encima de los 2000 m.

Las estaciones que presentaron mayor porcentaje de abundancia relativa de tricópteros, fueron Quebrada La caima y Rio Alvarado Chucuni, estas dos estaciones son diferentes en cuanto a su componente geomorfológico, amplitud del caudal y factores fisicoquímicos, pese a esto también presenta fuertes similitudes en cuanto a la cobertura vegetal escasa y el grado de impacto que reciben, el hecho de que estas estaciones presenten mayor abundancia relativa es producto del elevado número de individuos de *Smicridea* registrados para cada una, la presencia de estos organismos puede deberse al ingreso masivo de algunos minerales y nutrientes producto de actividades agrícolas que incrementan la cantidad de material particulado, el cual sirve como fuente principal de alimento de este género (Holzenthal, 1994; Reynaga, 2009; Tomanova, Goitia & Helešic, 2006). Las estaciones que más albergan familias y géneros son Rio Alvarado Caldas Viejo, Puente, Quebrada Chucuni y Cocare estos lugares poseen ambientes parcialmente conservados, con abundante vegetación riparia y baja contaminación, estos componentes sumados a la naturaleza geofísica, condiciones fisicoquímicas y biológicas son determinantes en la riqueza y abundancia de los grupos bentónicos (Arce *et al.*, 2010). Las estaciones Quebrada Chembe y Rio Alvarado Inicio exhiben la menor abundancia a causa del deterioro del hábitat mediado por la fuerte intervención antrópica a la que se ven sometidos estos cuerpos de aguas, una consecuencia de la perturbación ambiental es la modificación de la estructura de las comunidades, reflejada en la ausencia de familias y géneros de los distintos órdenes, lo cual es indicativo de ecosistemas altamente degradados (Roldan & Ramírez, 2008).

5.4 Distribución Altitudinal

Una de las características de los tricópteros es el amplio gradiente altitudinal en el que pueden ubicarse (Rincón, 1996). Se determinó que la mayoría de las familias registradas presentaron una amplia distribución a lo largo de toda la cuenca desde los 351 hasta los 1057 msnm. Las familias Philopotamidae e Hydrobiosidae mostraron una distribución restringida, estas dos familias tienen en común la preferencia por corrientes fuertes y ecosistemas limpios (Posada & Roldan, 2003), sin embargo la familia Hydrobiosidae comúnmente se encuentra por encima de los 1000 msnm (Muñoz-Quesada, 2004), lo cual es coherente con lo registrado ya que se halló a los 1057 msnm. La mitad de los géneros se distribuyeron a lo largo de toda la cuenca del río Alvarado, solo *Leptonema* y *Smicridea* se registraron en las 9 estaciones de muestreo, *Oxyethira*, *Atanatolica*, *Mortoniella*, *Marilia*, *Hydroptila*, *Grumichella*, y *Helicopsyche* se registraron entre 3 y 6 estaciones, todos ellos presentando un rango altitudinal de 351-1057 msnm, cabe aclarar que aunque los géneros se ubiquen en toda la franja altitudinal evaluada no fueron hallados en todas las estaciones, esto puede ser indicativo de que la configuración del río y sus tributarios no varía en sus componentes abióticos de manera significativa, y que la transición del continuo del río parece no estar afectando la distribución de estos géneros, ya que se mantienen al menos parcialmente sus características físicas y químicas, el factor determinante que puede estar afectando la presencia de individuos en algunas estaciones es el ingreso masivo de agentes contaminantes producto de actividades agrícolas, pecuarias, industriales y sanitarias, lo cual exime a los géneros menos tolerantes de ciertas estaciones. En estudios anteriores (Reinoso, 2001; Guevara, 2004; López, 2007; Vásquez, 2008 y Vásquez, 2012), estos géneros figuran entre los más ampliamente distribuidos, gracias a que las cuencas de esta región propician ambientes variados y favorables para su desarrollo.

Los géneros *Wormaldia*, *Oecetis*, *Nectopsyche*, *Culoptila* y *Chimarra*, presentan un amplio rango de distribución, esto puede estar mediado por la disponibilidad de sustrato o que estos géneros tienen requerimientos particulares de condiciones ambientales, debido a que algunas veces aunque existan los recursos los organismos no pueden abastecerse exitosamente del mismo a causa de factores externos que evitan el éxito adaptativo en los diferentes tipos de hábitat (Forero, 2011). En general estos géneros

se ubican por debajo de los 1000 m en estaciones parcialmente conservadas con cauces torrentosos.

Finalmente *Atopsyche*, *Protoptila* y *Zumatrichia* presentan el rango altitudinal más restringido, López (2007) reporta que *Atopsyche* se encuentra influenciado por los cambios de temperatura y oxígeno disuelto, estas variables se encuentran inversamente relacionadas con la altitud, Posada & Roldan (2003) Indican que *Protoptila* y *Zumatrichia* aunque están ampliamente distribuidos son poco frecuentes en las colectas por métodos convencionales, esto sumado a la exclusividad de sustrato, justifica el mínimo rango de distribución determinado para este estudio. Estos tres organismos son altamente sensibles a las perturbaciones ambientales (Rincón, 2002), por lo que tanto su abundancia como distribución se ven afectadas por el creciente impacto de las actividades humanas sobre la cuenca.

5.5 Distribución Temporal

Durante el mes de septiembre se colectó el 60.1% del total de organismos colectados mientras que en diciembre se colectó el 39.9%. Generalmente la fauna béntica se ve modificada considerablemente por la variación del caudal producto del régimen pluviométrico (Vásquez, 2008), históricamente el mes de septiembre se considera periodo de lluvias y diciembre periodo de sequía, pero durante el tiempo de muestreo el verano se prolongó abarcando el mes de septiembre desplazando la época de lluvias para el mes de diciembre, por lo que inicialmente se justifica que el mes de septiembre haya presentado mayor abundancia y diversidad de organismos, dado que las condiciones estables del caudal favorecen la presencia de mayor número de microhábitats que pueden ser colonizados (Mosquera & Bejarano, 2006), mientras que durante la época de lluvia, las precipitaciones constantes modifican considerablemente el cauce generando translocación del fondo (Flecker & Feifarek, 1994), determinando una regresión en la sucesión de las comunidades bénticas (Montoya & Galeano, 2006).

Por lo tanto, se espera que la abundancia, composición y estructura de los tricópteros esté determinada tanto por las capacidades adaptativas de los organismos para soportar eventos estocásticos como las crecientes o avalanchas (Guevara, Reinoso, & Villa, 2005) y factores determinísticos como la calidad del agua, la oferta y calidad de sustratos (Lepori & Malmqvist, 2009), la disponibilidad de recursos, competencia, predación y el ciclo de vida, entre otros (Oliveira & Bispo, 2001).

Las familias Hydropsychidae, Leptoceridae y Philopotamidae persisten como las de mayor dominancia durante los dos muestreos, esto puede atribuirse a varios factores, inicialmente la capacidad de colonizar múltiples sustratos, tanto en rápidos como en remansos, evita una drástica disminución de las poblaciones por la remoción de sustratos producto del efecto abrasivo de la escorrentía (Guevara, 2004), las tres familias poseen fuertes pigopodos que les permiten aferrarse fuertemente al sustrato, además Hydropsychidae y Philopotamidae fabrican redes tubulares y la Leptoceridae fabrica capullos larvales, estos tipos de construcciones se hallan adheridas con seda usualmente a sustratos rocoso, lo cual sirve como defensa contra la presión mecánica ejercida por el agua (Mosquera & Bejarano, 2006), y por último el grado variable de tolerancia a las modificaciones ambientales (Angrisano, 1995) permite un desarrollo constante de estos organismos durante cualquier época del año.

Durante el mes de septiembre se encontraron exclusivamente las familias Hydrobiosidae representada por el género *Atopsyche* y la familia Odontoceridae con el género *Marilia*, esto puede deberse principalmente a que al presentarse este mes como época de sequía, las condiciones del río y sus tributarios son parcialmente homogéneas, teniendo en existencia mayor número de sustratos que pueden albergar un tipo de fauna específica, particularmente *Marilia* se halla enterrado en sustratos de pedregoso-arenoso (Flint, 1991), *Atopsyche* es de vida libre y predadora (Angrisano & Sganga, 2009) por lo que se encuentra en constante movimiento, así que las condiciones estables del río permiten el desarrollo de sus poblaciones, no obstante al llegar la época de lluvias estos organismos se ven directamente afectados por la abrasiva escorrentía (Bispo *et al.*, 2006; Mesa, 2010), causa por la cual no pudieron ser hallados

durante el mes de diciembre, además de que no es muy común su captura (Posada & Roldan, 2003). Durante el mes de Diciembre se colectaron larvas de los géneros *Zumatrichia* (Hydroptilidae) y *Protoptila* (Glossomatidae), el primero tiene la tendencia de fijarse fuertemente sobre rocas planas, además habitan en zonas de salpicadura o corrientes fuertes (Posada & Roldan, 2003; Springer, 2010), por lo que están adaptados a soportar presiones hidráulicas elevadas, lo cual podría sustentar su presencia durante esta época de muestreo, por otro lado *Protoptila* construye capullos de piedras fuertemente adheridos a las rocas, lo cual mitiga la fuerza del caudal (Holzenthal & Blahnick, 2006).

5.6 Abundancia por Sustratos

La dependencia de sustratos esta mediada por lo menos de dos factores determinantes, los cuales son la disponibilidad del material con el que se fabrican los capullos larvales y el gremio trófico al cual pertenecen las familias de tricópteros. Se registraron organismo en todos los cuatro sustratos en todas las estaciones evaluadas, se presentó mayor abundancia en grava, seguido de hojarasca, roca y por ultimo arena, esos sustratos ofertan condiciones variadas que permiten el establecimiento de comunidades más diversas (Vásquez & Reinoso, 2012). De acuerdo al material del que está compuesto el capullo larval, las familias de tricópteros pueden establecerse en uno o más microhábitats. *Smicridea*, *Leptonema*, *Nectopsyche*, *Atanatolica*, *Marilia* e *Hydroptila* se ubicaron en los cuatro sustratos monitoreados, para el caso de los miembros de la familia Hydropsychidae es bien sabido su amplio espectro de colonización de sustratos (López, 2007), los demás géneros son parcialmente más específicos en el sustrato ya que fabrican sus capullos principalmente de material litológico (Holzenthal, 2007), tres de los sustratos evaluados ofrecen el material exógeno necesario para la fabricación de estos estuches, por el contrario su presencia en hojarasca puede ser consecuencia del arrastre de los sustratos lo cual redistribuye la configuración de las comunidades bénticas (Vásquez & Reinoso, 2012).

Zumatrichia, *Helicopsyche*, *Culoptila* y *Protoptila* muestran un comportamiento altamente específico por sustratos particulares (Roca, arena y grava) que permiten la construcción de sus casitas, todos ellos fabrican sus capullos de pequeñas rocas y granitos de arena (Correa, Machado, & Roldan. 1981). Los géneros restantes se ubican en varios sustratos, los cuales son de utilidad ya sea para cumplir sus requerimientos fisiológicos, alimenticios o de refugio. En general se puede observar que la heterogeneidad de hábitats ofertados por la cuenca permiten el desarrollo favorable de grandes poblaciones de tricópteros, también estos organismos en su mayoría tienen un amplio espectro de colonización de sustratos, que puede ser resultado de adaptaciones fisiológicas, morfológicas y etológicas a características puntuales del río.

5.7 Índices Ecológicos

En general los valores de diversidad oscilan entre los 0.8 y 2.5, estos valores parecen ser constantes en las cuencas andinas (Vásquez & Reinoso, 2012), los tricópteros siempre son diversos y abundantes en toda colecta y son de los más representativos, pero comparado con otros grupos taxonómicos como dípteros, coleópteros y efemerópteros (Mc.Cafferty, 1981), su diversidad y riqueza es baja. Los índices se ven particularmente afectados por la temporalidad, la época de lluvias reduce las poblaciones de tricópteros, pero no de manera significativa, aunque durante los periodos de sequías la abundancia de taxones presentan una mayor heterogeneidad, indicando que posiblemente la estructura de la comunidad de tricópteros se beneficia del efecto moderado de la corriente (Guevara 2004). Los altos valores de dominancia y por ende bajos de diversidad (Magurran, 2004), indica que aparecen grupos especializados y adaptados a la oferta de las condiciones ambientales, físicas y químicas de los cuerpos de agua (Bedoya & Roldán, 1984; Sánchez, 2004).

Diversidad de Shannon-Wiener

Los valores más altos de diversidad se registraron en las estaciones Quebrada Chumba, Rio Alvarado Puente y Quebrada Cocare. Reinoso (2001), informa que Rio Alvarado Puente y Caldas Viejo son las más diversas, debido al efecto que tienen los tributarios poco intervenidos, que proveen nuevas poblaciones de tricópteros durante eventos de escorrentía, sin embargo para este estudio se encontró que la estación Caldas viejo figura entre las de menor diversidad, esto puede deberse a la excesiva presencia de organismos de un mismo género *Smicridea* y *Leptonema*, lo cual reduce consistentemente los valores de diversidad; estudios hechos sobre la misma cuenca revelan que rio Alvarado puente es el más diverso (Vásquez & Reinoso, 2012; Rojas, 2013), aunque la estación puente es de las más diversas, para este estudio quebrada chumba obtuvo los valores más elevados, ya que en ella se encontró un alto número de géneros, esto se debe principalmente a que esta estación cuenta con zonas de salpicadura, velocidad de corriente y temperaturas optimas que inciden en la producción de oxígeno disuelto (Ward, Tockner, Arscott & Claret, 2002), que sumado al reducido impacto por actividades técnicas y tecnológicas, permiten el desarrollo óptimo de las poblaciones de tricópteros.

Quebrada Chembe y río Alvarado Inicio contaron con valores de diversidad considerablemente altos, lo cual es controversial dado que figuran como las estaciones con mayor incidencia por múltiples actividades antropicas, como modificación del cauce principal, remoción de arena, uso para actividades recreativas, recepción de masivas cargas de desechos orgánicos minerales y descargas sanitarias de aguas servidas. Aun cuando estas estaciones están fuertemente intervenidas, y la literatura indica que los tricópteros son lábiles a las fuertes modificaciones ambientales (Wiggins, Etnier, Grant, Lambdin & Mayor, 2004), la presencia de organismos en estos sitios puede ser resultado de múltiples consecuencias, como lo son historia, evolución, desarrollo ontogénico, sucesiones, migraciones, respuestas fisiológicas, ofertas de nichos ecológicos o la más probable niveles tróficos (Ramírez, 1999; Vásquez, 2008). Sin embargo la razón más probable por la cual proliferan las poblaciones de tricópteros

en estos lugares puede ser debido a que los generos hallados (*Leptonema*, *Smicridea*, *Atanatica*, *Helicopsyche*, entre otros) sean detritívoros, raspadores o filtradores así que las descargas de material fino particulado y materia orgánica les abastecen de constante alimento.

Rio Alvarado Chucuni y Caldas Viejo obtuvieron los valores más bajos de diversidad, nuevamente estos resultados son contradictorios, ya que estas dos zonas tienen abundante vegetación riparia y proveen los microhábitats necesarios para el desarrollo de los tricópteros, la causa que puede imputarse es la interferencia de las actividades agrícolas, pecuarias y lúdicas que se vienen presentando en estas estaciones, estas estaciones poseen entre cuatro y cinco géneros, y la causa primaria porque se dio su baja diversidad es la fuerte dominancia que ejerce el género *Smicridea* el cual obtuvo abundancia elevadas en ambas estaciones muy por encima de las registradas para otros géneros. Reinoso (2001) indica que Rio Alvarado Chucuni presenta muy baja diversidad, atribuye este hecho a variables fisicoquímicas como elevado pH, bajos porcentajes de oxígeno disuelto, DBO, DQO, aumento de sólidos suspendidos y carga orgánica, producto de actividad agrícola y asentamientos humanos.

Riqueza de Margalef

La cuenca del rio Alvarado oferta importantes características biológicas, geológicas y físicas como exuberante vegetación riparia, aleatoriedad espacial, oferta de microhábitats y corrientes de rápidos y remansos (Rincón, 2002), lo cual constituye a estos cuerpos de agua como importantes puntos de desarrollo de las poblaciones de tricópteros. Los valores más altos se registraron en las estaciones Quebrada Cocare, Rio Alvarado Puente y Quebrada Chucuni. En ellas se presenta la mayor cantidad de taxas, dado que la intervención relativamente baja que tienen estas estaciones les confiere con la heterogeneidad de hábitat necesario para sustentar la comunidad de tricópteros. Moreno (2001) señala que la riqueza es una consecuencia de la abundancia y el tamaño de la muestra, por lo que no solo se requiere mayor cantidad de géneros sino que también abundancias relativamente constantes.

Las estaciones con valores de riqueza más bajos son Rio Alvarado Chucuni e Inicio, este puede ser el resultado de la incidencia directa de aguas residuales con el cuerpo de agua e ingreso de agentes externos que alteran considerablemente algunos parámetros fisicoquímicos, en especial el nivel de oxígeno disuelto y la temperatura (Ward, 2002; Wiggins *et al.* 2004) afectan directamente la comunidad de tricópteros, solo algunos organismos con gran adaptabilidad fisiológica como los géneros *Smicridea* y *Leptonema* son capaces de habitar estas corrientes (Zúñiga *et al.*, 1994).

Dominancia de Simpson

Rio Alvarado Chucuni y Caldas Viejo fueron las estaciones que reflejan mayores valores de dominancia, en ellas los miembros de la familia Hydropsychidae, *Smicridea* y *Leptonema* presentan una fuerte dominancia, al ser generalistas y cosmopolitas no se ven afectados por las modificaciones ambientales, se ven beneficiados por el ingreso de materia orgánica y residuos particulado producto de las interacciones humanas (Medellín *et al.*, 2004), cabe resaltar que la naturaleza geológica del lecho de los afluentes parece ser determinante en la presencia de la tricopterofauna, sustratos inestables evitan el asentamiento de comunidades bénticas (Vásquez, 2008). En este estudio la familia Hydropsychidae exhibe una fuerte dominancia en todos los ambientes evaluados, evidenciando su alta adaptabilidad a las fluctuaciones ambientales, familias como Hydroptilidae y Leptoceridae pueden ser recurrentes en ambientes medianamente intervenidos, las demás familias son muy lábiles a la contaminación, estando restringidas a ambientes menos degradados.

A pesar de la poca tolerancia que tienen los tricópteros a la contaminación se ha evidenciado en estudios de cuencas de bosque seco (Vásquez & Reinoso, 2012), que estos se pueden ubicar fácilmente en toda clase de corrientes con diferentes niveles de intervención, ya que los ecosistemas acuáticos andinos constantemente modifican su condiciones por el efecto de drenado a causa de la temporalidad la cual homogeniza

las condiciones fisicoquímicas y ecológicas, permitiendo la colonización y la definición de zonas biocenóticas distintas (Angrisano & Sganga, 2009).

Similaridad de Jaccard

El agrupamiento de determinadas estaciones está condicionando por el número de géneros compartidos en relación con el número total de géneros exclusivos. En este caso el agrupamiento parece estar dado por el orden y magnitud de la corriente, que en general se asemejan en cuanto a las características geofísicas y ecológicas de las estaciones.

La mayor similitud se presentó entre las Quebradas Chumba y Cocare, estas estaciones presentan gran variedad de biotopos, son las estaciones más conservadas, por lo tanto aportan las condiciones biológicas necesarias para el desarrollo los grupos menos tolerantes, lo cual se ve reflejado en los altos valores de diversidad y riqueza obtenidos. La geología de la cuenca parece jugar un rol determinante (Vásquez, 2008), de acuerdo a la configuración y topografía de la zona, algunas estaciones particularmente las quebradas presentan condiciones morfológicas, limnológicas y biológicas similares que favorecen la colonización de las mismas por organismos pertenecientes a un mismo género o familias.

El índice muestra una marcada tendencia de agrupamiento entre quebradas y otro sobre las estaciones del cauce principal, esto puede deberse a que los tributarios presentan menor grado de intervención, y sus características son en parte similares lo que les permite ofertar las condiciones suficientes para mantener poblaciones constantes de tricópteros. El mayor impacto se ubica sobre el cauce principal, por lo que su agrupamiento esta mediado por los organismos que son más tolerantes como *Hydroptila*, *Leptonema*, *Smicridea*, *Nectopsyche*, etc.

Las estaciones Río Alvarado Inicio y Chucuni son las más disimiles en relación a los demás puntos de muestreo, las condiciones adversas de estos sitios no permiten el

desarrollo de muchos de los grupos de tricópteros, solamente se presentan allí organismos eurioicos que tienen la capacidad y tendencia de ocupar los más variados hábitats y condiciones ambientales.

5.8 Variables fisicoquímicas

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en la cuenca del río Alvarado mostraron un comportamiento variable durante los periodos de muestreo, esto debido posiblemente a la continua exposición a agentes de naturaleza química como plaguicidas o insecticidas que inciden en la dinámica del ecosistema, y a el ingreso de aguas servidas de origen doméstico e industrial que interfieren en los procesos ecológicos de la cuenca. Las características geomorfológicas, climáticas y biológicas (tipos de suelos, pendientes, cobertura vegetal, clima, precipitación, etc.) parecen ser bastante cambiantes a lo largo del área de estudio interviniendo de diversas maneras en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

La temperatura se mantiene parcialmente estable en las estaciones, las relativamente altas temperaturas que se registran en la cuenca (22-29°C) parece interferir en la solubilidad de oxígeno lo cual repercute en la abundancia de algunos géneros como *Wormaldia* y *Protoptila* que son más sensibles a la disponibilidad de este elemento. Por otro lado las estaciones que registraron menor temperatura se ven relacionadas con los valores más bajos de riqueza y diversidad dado que son organismos poiquiloterms, lo cual indica que a temperaturas más bajas puede ser un factor determinante en la supervivencia de muchos organismos (Roldan, 1992).

Los valores de pH (7,2-8,4) no presentan un cambio drástico a lo largo de la cuenca que pueda influir directamente en la viabilidad de las poblaciones de tricópteros, ya que estos valores se hallan en el rango normal para ecosistemas neotropicales (Roldan & Ramírez, 2008). La alcalinidad se halla dentro de la pauta normal para este tipo de ecosistemas y para este caso no parece estar incidiendo en los procesos fotosintéticos

y de productividad primaria (Roldan, 2003), por lo que estas dos variables no muestran mayor relevancia y al parecer no son condicionantes para el desarrollo de la comunidad.

Los sólidos totales muestran un comportamiento fluctuante a lo largo de la cuenca y son más altos de lo registrado para ríos neotropicales (Roldan & Ramírez, 2008), esta variable junto a la conductividad eléctrica según lo obtenido pueden estar interfiriendo en la comunidad debido a que afectan directamente la respiración de los organismos, ya que los tricópteros al ser hidropneusticos (Roldan, 2003) dependen de la capacidad de captación de oxígeno por medio de branquias, por lo cual se ven afectados por el aumento de salinidad y por el material particulado presente en el cuerpo de agua que interfiere con la capacidad osmótica y reduce drásticamente los niveles de oxígeno, por tanto es un factor limitante para su desarrollo.

Los fosfatos y Nitratos presentan valores más altos en estaciones que presentan mayor intervención agrícola y humana, siendo estas estaciones más susceptibles al proceso de eutrofización (Reinoso, 2001), sin embargo estos nutrientes son determinante en el afloramiento de numerosas comunidades de perifiton, lo cual es un factor benéfico para varias familias de tricópteros que se alimentan primordialmente de estos (Angrisano & Sganga, 2009). En estaciones más eutrofizadas se evidencia mayor dominancia de ciertos géneros que se alimentan directamente del perifiton, no obstante el efecto de las lluvias juega un papel crucial, homogenizando la cantidad de estos nutrientes, permitiendo también el desarrollo de otros géneros que se ven limitados por estos factores (López, 2007).

Los coliformes totales se presentaron en todas las estaciones del río Alvarado, siendo más notoria su presencia en la estación Río Alvarado Inicio, a causa de vertimiento directo de aguas servidas y de uso doméstico. Todas las estaciones presentan altos valores de coliformes y de acuerdo a la normativa no debe existir este tipo de organismos en el agua, por lo tanto se evidencia contaminación por eventos antrópicos, lo cual sugiere el estado degradado de la cuenca. Sin embargo la presencia de

coliformes a lo largo de la cuenca se debe en parte a que en su inicio recibe una enorme carga, que por efecto de la corriente se va repartiendo a lo largo de la cuenca, aunque también todos los tramos del río se ven impactados de forma variable por actividades humanas que fomentan la presencia de estos organismos.

El análisis de componentes principales determina que las estaciones Río Alvarado Caldas Viejo y Puente se está viendo afectada por un proceso de mineralización, siendo las variables de mayor contribución dureza, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, cloruros (Ramírez & Viña, 1998). Por otro lado Río Alvarado Inicio y Chucuni parecen estar relacionadas con las variables que indican procesos de óxido reducción (Fosfatos, coliformes totales, turbiedad y nitratos) (Ramírez, 1999). Reinoso (2001), indica que para esta cuenca; los sólidos totales, la demanda biológica de oxígeno, el pH y la temperatura del agua, eran las variables más incidentes en la dinámica del cuerpo de agua y por lo tanto en la estructura de la comunidad de tricópteros y de su fauna asociada. Sin embargo la mayoría de las estaciones no se encuentran asociadas a ninguna variable fisicoquímica, por lo que la dinámica de esos sitios y la estructura de la comunidad de tricópteros deben estar mediadas por otro tipo de factores.

El análisis de correspondencia canónica muestra que varios de los géneros que presentan mayor dominancia (*Leptonema*, *Smicridea* e *Hydroptila*) se encuentran relacionados con múltiples variables fisicoquímicas, lo cual podría indicar la capacidad de estos organismos de utilizar las consecuencias de estas variables y aprovecharlas para su uso, por otro lado otros géneros como *Wormaldia*, *Protoptila* y *Culoptila* se relacionan con muchas de las variables que si pueden afectarlas de manera negativa, ya que estos organismos están reportados como altamente sensibles a la naturaleza fisicoquímica del agua (Springer, 2006), lo cual se ve reflejado en las abundancias y su poca presencia a lo largo de la cuenca.

Las variables que presentan efectos condicionantes más altos son los cloruros y la turbiedad, estos dos factores pueden representar barreras importantes en el desarrollo

de los tricópteros en la cuenca ya que inciden en el intercambio gaseoso de los organismos, al haber altos niveles de cloruros la capacidad osmótica se ve reducida por el aumento de salinidad (Roldan & Ramírez, 2008), sumado a la turbidez que es dependiente del material particulado del agua puede estar interfiriendo en la respiración, por tanto estas dos variables son críticas y pueden ser una de las causantes de la relativa baja diversidad en esta cuenca comparada con otras de la región (Guevara, 2004; López, 2007 y Vásquez, 2008).

Las variables de naturaleza física como caudal, profundidad y velocidad de corriente son los factores que presentan menor incidencia en la distribución de los organismos, esto puede estar mediado por la capacidad de los tricópteros para construir refugios los cuales al estar adheridos firmemente al sustrato por medio de seda, pueden reducir y soportar la presión mecánica producido por la fuerza del caudal del río (Domínguez & Fernández, 2009).

Muchos de los géneros y estaciones no muestran relación alguna con la variables fisicoquímicas, debido a que estas en su mayoría no muestran cambios drásticos que pudieran afectar de manera letal a estos organismos, pese a la alta intervención de la cuenca los mecanismos de regulación natural como escorrentía, transporte de minerales entre otros parecen ser determinantes en el mantenimiento de las comunidades bénticas (Roldan, 1992).

6 CONCLUSIONES

Los géneros de tricópteros reportados para el río Alvarado, son similares a los reportados en estudios anteriores para esta misma cuenca y para otras del departamento del Tolima.

La familia Hydropsychidae representada por los géneros *Leptonema* y *Smicridea* presenta la mayor abundancia siendo por lo tanto el componente principal de la comunidad de tricópteros debido a que son organismos cosmopolitas y presentan mayor tolerancia a las modificaciones ambientales.

Los Tricópteros se distribuyeron a lo largo de toda la cuenca del río Alvarado, siendo registrados en todas las estaciones de muestreo. La estación con mayor porcentaje de abundancia relativa fue Quebrada la Caima seguida de Río Alvarado Chucuni, mientras que las de menor abundancia fueron Quebrada Chembe y Río Alvarado Inicio.

La variación altitudinal muestra que las condiciones a lo largo del río son las apropiadas para el desarrollo de la mayoría de los géneros del orden Trichoptera, en particular la estación Quebrada Chumba presentó las mejores condiciones ecológicas para el desarrollo de los tricópteros, reflejada en altos valores en los índices de riqueza y abundancia.

Los tricópteros de la cuenca mostraron la capacidad de colonizar todo tipo de sustrato siendo hallados en todos los microhábitats monitoreados en todas las estaciones de muestreo

La mayoría de las familias de tricópteros están adaptadas a las condiciones biológicas y fisicoquímicas de la cuenca del río Alvarado reflejado en altos porcentajes de abundancia para la mayoría de ellas.

Las estaciones que evidencian mayor intervención humana como quebrada Cocare y Rio Alvarado Chucuni presentan la menor diversidad y riqueza de organismos, hallándose solo organismos ampliamente tolerantes a los tensores ambientales.

Las variables fisicoquímicas presentan mayor incidencia en los géneros más sensibles a los tensores ambientales, sin embargo presentan una correlación negativa con los géneros que tienen mayor abundancia.

Los cloruros y la turbiedad son las variables que están incidiendo en la distribución de la fauna de tricópteros a lo largo de la cuenca de la cuenca y sus tributarios.

7 RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con las investigaciones, pero sobre todo hacer el esfuerzo por publicar los resultados de dichos trabajos, ya que de esta manera se lograría avanzar mucho más en el conocimiento de los grupos taxonómicos en especial de los tricópteros, pues son un orden de macroinvertebrados muy diverso, y como lo citan algunos autores, muchas veces los estudios se ven limitados por falta de material bibliográfico correspondiente a investigaciones previas.

Cuando se están realizando procesos de determinación taxonómica, siempre es conveniente consultar diferentes autores y estar actualizado en las claves y bases de datos para evitar posibles errores o confusiones.

Procurar por enriquecer y adecuar el material de las colecciones zoológicas, porque estas son una valiosa herramienta, no solo en los estudios taxonómicos sino que también son una base fundamental para las investigaciones ecológicas y de biodiversidad.

BIBLIOGRAFIA

Almeida, G. & Flint, O. (2002). Five new species of Smicridea McLachlan (Trichoptera, Hydropsychidae) from Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19 (3): pp.767 – 775.

Angrisano, E. B. (1995). *Insecta Trichoptera* (Vol. Tomo III). La Plata, Argentina: Ediciones sur. Angrisano, E.B. & Korob P.G. (2001). Trichoptera. Cap. 2, págs. 55-92 en: Fernandez, H. R. & E. Domínguez (eds), Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Serie: investigaciones de la UNT, subserie: Ciencias Exactas y Naturales-Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán (Argentina).

_____. (1998). *Trichoptera*. Capítulo 36. En Morrone, J. J. & Coscaron S. (Eds.). Biodiversidad de artrópodos argentinos. La Plata – Argentina: Ediciones sur. pp. 374-384.

_____. & Korob, P. G. (2001). *Trichoptera*. In H. R. Fernández & E. Domínguez (Eds.), *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos* (pp. 55-92). Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.

_____. & Sganga, J. V. (2009). Trichoptera. In E. Domínguez & H. R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos* (1st ed., pp. 255-308). Tucumán: Fundación Miguel Lillo.

Arce, R., & Morón, M. (2010). *Lista anotada y clave para los géneros de la familia Limnichidae (Coleoptera: Byrrhoidea) de México*. *Dugesiana* , 1-8.

Arcott, D. B., Keller, B., Tockner, K., & Ward, J. V. (2003). *Habitat Structure and Trichoptera Diversity in Two Headwater Flood Plains, N.E. Italy*. *International Review of Hydrobiology*, 88(3-4), 255-273.

Association, American Public Health; Federation., American WaterWork Association & Water Pollution Control (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. New York

Bedoya, I. & Roldan, G. (1984). *Estudio de los dípteros acuáticos (Diptera) en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia*. Revista asociación Colombiana de ciencia biológicas., 2(2):113-134.

Bispo, P C, Oliveira, L. G., Bini, L. M., & Sousa, K. G. (2006). *Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures*. Brazilian journal of biology = Revista brasileira de biologia, 66(2B), 611-622. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16906293>

Braak, C. & Smilauer, P. (2009). *Canoco*. Wageningen: BiometrisPlant Research International.

Brand, C. (2009). *Nuevas citas de Trichoptera para la Patagonia Argentina*. Rev. Soc. Entomol. Argent. 68 (1-2) ISSN 0373-5680: pp. 223-226.

Bravo, B. & Angrisano, E. (2004). *Descripción de los estados preimaginales de cuatro géneros de Hydrobiosidae (Trichoptera) Neotropicales*. Rev. Soc. Entomol. Argent. 63 (3-4) ISSN 0373-5680: 97-105.

Bueno. J., Razo, M. & Rafael, B. (2007). *Trichopteros del desierto de Leones, D.F.* Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: estado actual de conocimiento y aplicación 597.5 ISBN 978-968-5536-89-9. pp. 31-38.

Buss, D.F., Baptista D.F., Nessimian J.L. & Egler M. (2004). *Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams*. Hidrobiología 518: 179-188.

Caupaz, F., Reinoso, G., Guevara, G., & Villa, F. (2006). *Diversidad y distribución de la familia Elmidae (Insecta: Coleoptera) en la cuenca del río Prado (Tolima, Colombia)*. Neolimnos, 106-116.

Correa, M., Machado, P., & Roldan, G., (1981) *Taxonomía y ecología del orden Trichoptera del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales*. Actualidades biológicas. Vol. X, No 36. pp. 18-25.

CORTOLIMA. (2010). *El agua, principal preocupación de Cortolima*. Recuperado el Agosto de 2013, de <http://www.cortolima.gov.co>

_____. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor de Río Totare*. Recuperado el Septiembre de 2012, de <http://www.cortolima.gov.co>.

Crisci, V. L., Bispo, P. C., & Froehlich, C. G. (2007). *Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil*. Revista Brasileira de Zoologia, 24(2), 312-318

Dominguez, E., & Fernandez, H. (2009). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo. Entomología, 351-358.

Flecker, A.S. & Feifarek, B. (1994). *Disturbance and temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams*. Freshwater Biology 31: 131-142.

Flint O. (1974). *Studies of Neotropical Caddisflies, XV: The Trichoptera of Surinam*. Studies on the Fauna of Suriname and other Guyanas 14 (55): pp. 1-151.

_____. (1983). *Studies of Neotropical Caddisflies, XXXIII: New species from Austral South America (Trichoptera)*.

_____. (1991). *Studies of Neotropical Caddisflies, XLV: the taxonomy, phenology, and faunistics of the Trichoptera of Antioquia, Colombia*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

_____., Mc Alpine F. & Ross H. H.. (1987). *A revision of the genera Leptonema Guérin (Trichoptera: Hydropsychidae: Macronematinae)*. Smithsonian Contributions to Zoology 450: 1-193.

_____., Holzenthal R & Harris S. (1999). *Catalog of neotropical caddisflies (Insecta: Trichoptera)*. Ohio biological survey. Columbus, Ohio EEUU. p. 239

Forero, A. M. (2011). *Caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opia, Tolima, Colombia*. Universidad del Tolima.

Galbraith, H. S., Vaughn, C. C., & Meier, C. K. (2008). *Environmental variables interact across spatial scales to structure trichopteran assemblages in Ouachita Mountain rivers*. Hydrobiologia, 596, 401-411. doi:10.1007/s10750-007-9124-z

Garrido, J., & Munilla, I. (2007). *Aquatic Coleóptera and Hemiptera assemblages in threecoastal of the NW Iberian Peninsula: assessment of conservation value and responseto enviromental factors*. Retrieved Diciembre 2012, from <http://onlinelibrary.wiley.com>

Gil, M.A., Garelis, P.A. & Vallania, E.A. (2006). *Hábitos alimenticios de larvas de Polycentropus joergenseni Ulmer, 1909 (trichoptera Polycentropodidae) en el rio grande (san Luis, Argentina)*. Gayana 70(2) ISSN 0717-652X: pp 206-209.

Górecki, K. (2007). *Chruściki (Trichoptera) Pienińskiego Parku Narodowego – wstępne wyniki badań*. Trichopteron, Biuletyn Sekcji Trichopterologicznej. Rok 7, numer 24, ISSN 1733-5558. pp. 1-3.

Guevara, G. (2004). *Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del Río Coello departamento del Tolima*. Trabajo de grado (M.Sc.). Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Ibagué.

_____., Reinoso, G., & Villa, F. (2005). *Estudio del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello Departamento del Tolima*. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 17, 59-70.

Guisande, C. (2006). *Tratamiento de Datos*. Espana: Ediciones Diaz de Santos.

Hammer, Ø., Harper, D., Ryan, P. (2001). *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Harris, S., & Holzenthal, R. (1990). Hydroptilidae (*Trichoptera*) of Costa Rica the genus *Mayatrichia* Mosely. J. New York Entomol. Soc. 98(4):, 453-460.

Holzenthal, R. W. (1994). *La familia Philopotamidae*. Retrieved April 17, 2012.

_____., Blahnik, R. J., Prather, A. L., & Kjer, K. M. (2007). *Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies*. Zootaxa, 1668, 639-698.

Huamantico, A. & Nessimian, J. L. (2000). *Variation and life strategies of the Trichoptera (Insecta) larvae community in a first order tributary of the Paquequer River, southeastern Brazil*. Revista brasileira de biologia, 60(1), 73-82. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10838926>

_____. & Ortiz, W. (2008). *Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú*. Rev. peru. biol. 17(1) ISSN 1727-9933: pp 075- 080.

Lepori, F., & Malmqvist, B. (2009). *Deterministic control on community assembly peaks at intermediate levels of disturbance*. *Oikos*, 118(3), 471-479. doi:10.1111/j.1600-0706.2008.16989.x

López, E. (2007). *Análisis faunístico de las larvas del orden Trichoptera en la cuenca del río Prado y la subcuenca de Amoyá (Tolima-Colombia)*. Trabajo de grado (Biólogo), Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. 176 p.

Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, Blackwell Science Ltd.

Margalef, R. (1977) *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona 951 p.

Martins, M., Engel, D. Da Rocha, F. & Araujo J. (2008). *Imaturos de Trichoptera na Bacia do Rio Paranã, GO, com Novos Registros de Género*. *Neotropical Entomology* 37(6):735-738.

McCafferty, W. P., (1981). *Aquatic Entomology*. The fishermen's and ecologists illustrated guide to insects and their relatives. Boston: Science Books International. p. 448

Medellín, F., Ramírez, M., & Rincón, M. (2004). *Trichoptera del santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua*. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(2), 197-203.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. (R. W. Merritt, K. W. Cummins, & M. B. Berg, Eds.) (4th ed., p. 1158). Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company.

Mesa, L. M. (2010). *Effect of spates and land use on macroinvertebrate community in Neotropical Andean streams*. *Hydrobiologia*, 641(1), 85-95. doi:10.1007/s10750-009-0059-4

Montoya Y. & Galeano A. (2006). *Colonización de sustratos rocosos por los macroinvertebrados acuáticos en la quebrada los Andes, el Carmen de Viboral, Antioquia Colombia*. Pág. 29 en: F. Villa, C. Rivera, G. Reinoso & M. Núñez (eds), Resúmenes del VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Ríos y Humedales Neotropicales. Asociación Colombiana de Limnología, Ibagué.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- Manuales y tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza – España. p. 84.

Mosquera, Z. & D. Bejarano. (2006). *Estudio del orden Trichoptera (Insecta) en dos ecosistemas lóticos del municipio de Quibdo, Chocó-Colombia*. Pág. 14 en: F. Villa, C. Rivera, G. Reinoso & M. Núñez (eds), Resúmenes del VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Ríos y Humedales Neotropicales. Asociación Colombiana de Limnología, Ibagué.

Muñoz-Quesada, F. (2004). *El Orden Trichoptera (Insecta) en Colombia, II: inmaduros y adultos, consideraciones generales*. Págs 319-34 en: F. Fernández, M. Andrade-C. & G. Amat (eds), Insectos de Colombia. Vol. III. Universidad Nacional de Colombia - Instituto Humboldt. Bogotá, D.C.

_____. Rincón, M., Zúñiga, M. C., Sanabria, M., & Ospina, R. (2000). *Distribución altitudinal del orden Trichoptera en la región Andina colombiana*. In P. Muñoz de Hoyos & J. Aguirre (Eds.), Resúmenes del I Congreso Colombiano de Zoología (p. 34). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia.

Oliveira, A. M., Hamada, N., & Nessimian, J. L. (2005). *Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia central, Brasil*. Revista Brasileira de Entomologia, 49(2), 181-204.

_____. & Hamada, N. (2004). *Ceratotrichia Flint, 1992 (Trichoptera: Hydroptilidae) larval and pupal description and new genus records for Brazil*. *Entomotropica*, 19(1), 31-37.

Oliveira, L. G., & Bispo, P. D. (2001). *Ecologia de comunidades das larvas de Trichoptera Kirby (Insecta) em dois córregos de primeira ordem da Serra dos Pirineus, Pirenópolis, Goiás, Brasil*. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(4), 1245-1252. doi:10.1590/S0101-81752001000400019.

_____. Bispo, P., Crisci, V. & Sousa, K. (1999). *Distribuições de categorias funcionais alimentares de larvas de Trichoptera em uma região serrana do Brasil Central*. *Aeta Limnol. Bras.* 11 (2): 173-183.

Perez, A., & Garrido, J. (2009). *Evaluacion del estado de conservación de una zona LIC (Gandaras de Bunido, red Natura 2000) usando los coleopteros acuaticos como indicadores*. *Limnetica* , 11-22.

Posada, J. & G. Roldán. (2003). *Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia*. *Caldasia* 25: 169-192.

Quintero, A. & Rojas, M. (1987). *Aspectos bioecológicos del orden Trichoptera y su relación con la calidad del agua*. *Rev. Col. Entomol.* 13(1):26-28.

Ramirez, A. (1999). *Ecologia aplicada al diseño y análisis estadístico*. Bogota: centro editorial Escuela Colombiana de Ingenieria. pp. 129-166.

Reinoso, G. (2001). *Estudio bioecológico de los tricópteros del río Alvarado en el trayecto comprendido entre El Salado y Alvarado Tolima*. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento del Tolima. 79 p.

Reynaga, M. C. (2009). *Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical*. *Ecología Austral*, 19, 207-214.

Righi, K., Spies, M. & Siegloch, A. (2010) *Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil*. *Biota Neotropical*., vol. 10, no. 2: pp.253-260.

Rincon , M.E. (1998). *Composición y distribución altitudinal de los tricópteros en la cordillera oriental (Colombia)*. Pág. 179 en: S. Martínez & J. Sánchez, *Resúmenes del XXXIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas*. Universidad del Tolima, Ibagué.

_____. (1996). *Aspectos bioecológicos de los tricópteros de la quebrada Carrizal (Boyacá, Colombia)*. *Revista Colombiana de Entomología*, 22(1), 53-60.

_____. (1999a). *Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los tricópteros en la Cordillera Oriental (Colombia)*. In G. Amat, M. Andrade, & F. Fernández (Eds.), *Insectos de Colombia. Vol. II* (pp. 267-284). Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Físicas y Naturales.

_____. (1999b). *Estudio preliminar de la distribución altitudinal y espacial de los tricópteros en la Cordillera Oriental (Colombia)*. In G. Amat, M. Andrade, & F. Fernández (Eds.), *Insectos de Colombia. Vol. II*. (pp. 267-284). Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

_____. (2002). *Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos (Boyacá, Colombia)*. *Revista Colombiana de Entomología*, 28(1), 101-108.

_____. (2006). *Análisis de la emergencia de Trichoptera en la zona media del río Tota (Cuitiva-Boyacá)*. In F. Villa, C.

Rivera, G. Reinoso, & Núñez, M. (Eds.), *Resúmenes del VII Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Ríos y Humedales Neotropicales* (p. 130). Ibagué: León Gráficas.

Rojas, F. (2006). Estado de conocimiento de los Trichoptera de Chile. *Gayana* 70: 65-71.

Rojas, L. (2013). *Composición y Estructura de la Fauna de Dípteros de la Cuenca del Río Alvarado (Tolima-Colombia)*. Ibague, Colombia: Universidad del Tolima.

Roldan, G. (1996). *Guía Para el Estudio de Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Fondo FEN Colombia.

_____. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Medellín: Universidad de Antioquia.

_____. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.

_____. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2nd ed., p. 440). Universidad de Antioquia.

Rueda, P. (2008) *Morfología y biología de los estados inmaduros de Marilia cinerea y M. elongata, con redescipción del macho adulto de M. cinerea (Trichoptera - Odontoceridae)*. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 67 (1-2) ISSN 0373-5680: pp. 11-20.

Ruiz, A., Herrera, A. F., & Ferreras-Romero, M. (2006). *Distribution of Trichoptera communities in the Hozgarganta catchment (Los Alcornocales Natural Park, SW Spain)*. *International Review of Hydrobiology*, 91(1), 71-85.

Sánchez, L. (2004). *Distribución Espacial y Temporal de los Dípteros Acuáticos (Insecta: Diptera) En La Cuenca Del Río Coello*. Biólogo, Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima.

Santos, A. & Nessimian, J. ((2009) *New species and records of Chimarra Stephens (Trichoptera, Philopotamidae) from Central Amazonia, Brazil*). *Revista Brasileira de Entomologia* 53(1): 23-25

Schmid, F. (1989). *Les Hydrobisides (Trichoptera: Annulipalpia)*. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*. 59 (supplement): 1-154.

Sganga, J. V., & Angrisano, E. B. (2005). *El género Smicridea (Trichoptera: Hydropsychidae: Smicrideinae) en el Uruguay*. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 64, 131-139.

Shannon, C. & Weaver, W., (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. pp.144

Simpson, E. (1949). *Measurement of Diversity*. *Nature*, 163: 688.

Skuja, A. & Spunģis, V. (2010). *Influence of environmental factors on the distribution of caddisfly (Trichoptera) communities in medium-sized lowland streams in Latvia*. *Institute of Biology, University of Latvia, Salaspils, Latvia*. *Estonian Journal of Ecology* **59**, 3, 197-215. doi: 10.3176.

_____. (2011). *Microhabitat preference of caddisfly (Trichoptera) communities in a medium sized lowland stream in Latvia*. *Institute of Biology of University of Latvia, Laboratory of Hydrobiology, Latvia*. *Zoosymposia* 5: 425–433. ISSN 1178-9913 *Smithsonian Contributions to Zoology*. 377: 1-100.

Spies, M. R., Froehlich, C. G., & Kotzian, C. B. (2006). *Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí river and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil*. Iheringia. Série Zoologia, 96(4), 389-398. doi:10.1590/S0073-47212006000400001

Springer, M. (2006). *Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica*. Revista de Biología Tropical 54 ISSN 0034-7744: 273-286.

Springer, M. (2010). *Trichoptera*. Revista de Biología Tropical Vol. 58 (4) ISSN 0034-7744:pp. 151-198.

StatSoft, I. (2007). *STATISTICA (data analysis software system)*. Retrieved from www.statsoft.com

Sturkie, S. K. & Morse, J. C. (1998). *Larvae of the three common North American species of Phylocentropus (Trichoptera: Dipseudopsidae)*. Insecta Mundi. Paper 372.

Tomanova, S., Goitia, E., & Helešic, J. (2006). *Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams*. Hydrobiologia, 556(1), 251-264. doi:10.1007/s10750-005-1255-5

Vásquez, J. & Ramírez, F. (2008). *Aspectos bioecológicos del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Totare departamento del Tolima. Ibagué*. Trabajo de grado (Biólogo), Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. 166 p.

_____. & Reinoso, G. (2012). *Estructura de la fauna bentica en corrientes de los Andes colombianos*. Revista Colombiana de Entomología , 351-358.

_____. , Ramírez-Díaz, F., & Reinoso, G. (2010). *Distribución espacial y temporal de los tricópteros inmaduros en la cuenca del río Totare (Tolima-Colombia)*. Caldasia, 32(1), 129-148.

Vega, S. & J. Reynaga. 1990. *Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. Editorial Limusa, México, D.F.

Wantzen, K., & Rueda, G. (2009). *Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados Bentónicos*. En E. Dominguez, & H. Fernandez, *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología*. (págs. 17-45). Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Ward, J. V., Tockner, K., Arscott, D. B., & Claret, C. (2002). *Riverine landscape diversity*. *Freshwater Biology*, 47, 517-539. doi:10.1046/j.1365-2427.2002.00893.x

Wiggins, G. (1996b). *Trichoptera Families*. Cap. 17, págs 309-349 en: R.W. Merrit & K. W. Cummins (eds), *An introduction to the aquatic insects of North America*. Third edition. Kendall/Hunt publishing company. Dubuque, Iowa. Wiggins, G. 2004. *Caddisflies: the underwater architects*. University of Toronto Press, Toronto.

_____, Etnier, D. A. Grant, J. F. Lambdin, P. L. & Mayor, A. J. (2004). *New Tennessee records for *Wormaldia shawnee*, *Oligostomis ocelligera*, *Oligostomis pardalis*, and *Pycnopsyche ossi* (Trichoptera)*. The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee. *Entomological News* 112(3): 187-190.

Williamson, J. (2013). *Trichoptera Phylogeny, Adaptations, and Biogeography through Geologic Time*. Department of Biology, University of Nebraska- Kearney.

Zúñiga, M.C., Rojas A. & Serrato C. (1994). *Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de agua superficiales del Valle del Cauca*. *Revista Colombiana de Entomología* 20(2): 124-130.

ANEXOS

Anexo A. Caracterización de las nueve estaciones de muestreo evaluadas en la cuenca del río Alvarado durante los meses de septiembre y diciembre de 2012.

<p align="center">Río Alvarado Caldas Viejo</p>	<p align="center">Quebrada La Caima</p>
	
<p>Zona con abundante vegetación riparia, posee cultivos y aéreas ganaderas. Presenta poca profundidad, corriente moderada-baja y abundante material rocoso.</p>	<p>Zona con gran vegetación riparia en uno de sus costados, tiene poca profundidad, corriente baja, sustrato predominante grava y roca, de anchura de alrededor de 2 metros.</p>
<p align="center">Río Alvarado Puente</p>	<p align="center">Quebrada La Manjarres</p>
	
<p>Zona con facies de tamaño considerable, amplia vegetación riparia, anchura superior a los 10 metros, profundidad variable. presenta desagües de zonas agrícolas y urbanas</p>	<p>Zona con abundante vegetación riparia, cauce mínimo, profundidad mínima, caudal mínimo, permanece seca en algunas épocas del año, rodeada de ganadería y agricultura.</p>
<p align="center">Río Alvarado Chucuni</p>	<p align="center">Quebrada Chumba</p>



Zona de gran caudal, amplia vegetación riparia, profundidad media, fascies de tamaño considerable, utilizada para usos recreativos.

Quebrada Chembe



Rodeado de sistemas agrícolas, pastizales. Abundante material vegetal sumergido. Amplia cobertura vegetal, cauce reducido y caudaloso.



Zona con caudal bajo, abundante sustrato rocoso, amplia vegetación riparia, presenta caídas de agua. áreas de cultivo circundante

Quebrada Cocare



Zona altamente degradada, cauce mínimo, caudal mínimo, utilizado para la extracción de arena y zona recreativa. sustrato arenoso y poca vegetación circundante

Rio Alvarado Inicio



Zona altamente deteriorada por el ingreso de aguas de origen domestico, cobertura vegetal media, alta turbiedad, sustrato rocoso, olor pestilente, caudal medio.

Anexo B . Matriz de presencia-ausencia de los taxones encontrados para el análisis de Similaridad de Jaccard de las estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado.

Taxón	RACV	QLCA	RAP	QLM	RACH	QCHU	QCHE	QCOC	RAIN	
Leptoceridae	<i>Grumichella</i>	1	1	0	0	0	1	1	0	0
	<i>Nectopsyche</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	1
	<i>Oecetis</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	0
	<i>Atanatica</i>	1	0	1	1	0	1	1	1	0
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	1	1	1	0	0	1	1	0	0
	<i>Oxyethira</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	<i>Zumatruchia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Culoptila</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	1
	<i>Protoptila</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>Leptonema</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	<i>Wormaldia</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0	1	0	1	0	1	1	1	0
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	1	1	0	1	0	1	1	0	0
Hidrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Anexo C. Resultados de los Parámetros fisicoquímicos analizados para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado para el mes de Septiembre (2012).

	T. Agua	pH	C.E	Tu	O.D	S.T.	DQO	Ni	Fos	Clo	Alc	Dur	Coli. Tot	Prof.M	Vel.M	Caudal (m³/s)
RACV	26,30	8,45	394	4	7,54	346	52	1,2	6,7	22	185	139	250000	0,15	0,31	0,32
QLCA	28,20	8,36	437	2	6,76	322	8	0,09	3,4	23	221	221	130000	4,25	0,19	2,13
RAP	30,40	8,64	319	7	6,17	292	26	0,2	6,7	25	165	156	30000	8,50	0,30	4,25
QLM	25,40	8,23	260	3	5,57	225	8	0,99	3,4	10	156	180	280000	0,19	0,09	0,09
RACH	27,00	8,11	174,3	6	6,33	220	145	1,93	3,4	14	90	116	21000	0,25	0,48	0,78
QCHU	22,00	8,25	171,7	2	7,03	164	43	0,82	3,4	12	107	125	75000	0,13	0,16	0,08
QCOC	23,00	8,22	115	5	5,91	116	11	1,48	3,4	14	69	107	110000	0,30	0,42	0,49
QCHE	24,00	8,1	83,8	4	5,77	111	8	0,18	6,7	11	57	79	240000	0,11	0,32	0,05
RAIN	22,40	8,41	236	4	6,26	207	13	1,93	6,7	23	103	141	3100000	0,12	0,27	0,13

Anexo D. Resultados de los Parámetros fisicoquímicos analizados para las estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado para el mes de Diciembre (2012).

	T. Agua	pH	C.E	Tu	O.D	S.T.	DQO	Ni	Fos	Clo	Alc	Dur	Coli. Tot	Prof.M	Vel.M	Caudal (m³/s)
RACV	25,50	7,94	499	9	6,96	263	8	3,17	3,4	26	175	167	800000	0,14	0,32	0,47
QLCA	25,90	8,32	390	4	7,17	265	8	0,54	1,3	21	256	218	370000	0,12	0,15	0,14
RAP	28,40	8,10	269	13	7,11	205	8	1,2	1,3	20	159	143	340000	0,28	0,18	0,47
QLM	25,30	7,74	202	17	7,19	157	8	0,96	1,3	11	150	133	340000	0,06	0,16	0,02
RACH	27,60	7,32	180,2	22	7,02	166	8	6,69	3,35	17	85	140	720000	0,27	0,44	0,72
QCHU	22,50	8,01	191,4	23	7,2	175	8	0,33	1,34	15	123	97	160000	0,16	0,27	0,20
QCOC	21,60	7,24	111,5	23	6,92	94	8	1,24	1,34	11	82	87	540000	0,24	0,91	1,03
QCHE	23,80	6,54	78,0	24	6,73	105	182	1,47	1,34	12	53	67	200000	0,14	0,35	0,19
RAIN	22,20	7,03	177,3	157	6,82	232	85	2,08	1,34	14	99	123	670000	0,15	0,15	0,15

Anexo E. Resultados de la prueba de normalidad y homogeneidad para las variables fisicoquímicas evaluadas en las estaciones del río Alvarado

Variable	Test de Normalidad	Varianza	Kruskal-Wallis	Anova
Temperatura Agua	0,182145	0	0,0412906	0
pH	0,335722	0	0,138423	0,0759
Conductividad Eléctrica	0,0796822	0	0,0448651	0,0001
Turbidez	0,00172994	0	0,350901	0,571
Oxígeno Disuelto	0,194113	0	0,285096	0,2998
Sólidos Totales	0,123709	0	0,0606095	0,0001
DQO	1,9441E-06	0	0,725888	0,7523
Nitratos	0,00800988	0	0,142734	0,0696
Fosfatos	2,1316E-06	0	0,244637	0,4168
Cloruros	0,0232982	0	0,0884459	0,0105
Alcalinidad	0,229627	0	0,0363116	0
Dureza	0,358737	0	0,059438	0,0003
Coliformes Totales	0,00043709	0	0,414941	0,3558
Profundidad Media	0,00202341	0	0,333338	0,3065
Velocidad Media	0,0449846	0	0,175965	0,0902
Caudal	0,00081788	0	0,326162	0,3672

Anexo F. Registro fotográfico de los organismos del orden Trichoptera colectados en la cuenca del río Alvarado.

Familia Hydropsychidae

Smicridea



Fuente. Autor

Leptonema



Fuente. Autor

Familia Philopotamidae

Chimarra



Fuente. Autor

Wormaldia



Fuente. Autor

Familia Leptoceridae

Nectopsyche



Fuente: Autor

Grumichella



Fuente: Autor

Oecetis



Fuente: Autor

Familia Odontoceridae

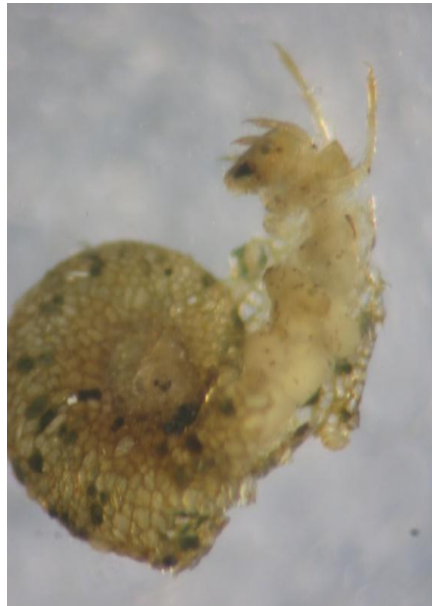
Marilia



Fuente: Autor

Familia Helicopsychidae

Helicopsyche



Fuente: Autor

Familia Hydrobiosidae

Atopsyche



Fuente: Autor

Familia Hydroptilidae

Hydroptila



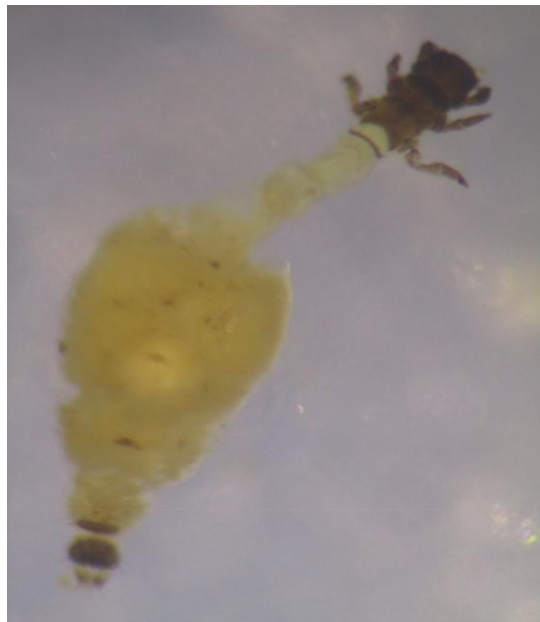
Fuente: Autor

Oxyethira



Fuente: Autor

Zumatrichia



Fuente: Autor

Familia Glossosomatidae

Culoptila



Fuente: Autor

Protoptila



Fuente: Autor

Mortoniella



Fuente: Autor