

Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical, Natagaima, Tolima – Colombia

Aquatic dipteran and their relationship with the physical-chemical variables of a river in a tropical dry forest Natagaima, Tolima – Colombia

Mayra Geraldine Rojas Céspedes¹, Adriana Marcela Forero Céspedes², Gladys Reinoso Flórez³

1. Facultad de ciencias Universidad del Tolima.
2. Grupo de Investigación en Zoología Universidad del Tolima.
3. Grupo de Investigación en Zoología Universidad del Tolima

Recibido: Junio 1 de 2018

Aceptado: Agosto 10 de 2018

*Correspondencia del autor: Mayra Geraldine Rojas Céspedes, E-mail: mgrojasc@ut.edu.co



Resumen

Los dípteros, son uno de los órdenes de insectos más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en el mundo. Relevantes en la cadena trófica y de incidencia en salud pública, ya que algunos son vectores biológicos de agentes causales de enfermedades que afectan al hombre. Dada su importancia ecológica se realizó el presente estudio enfocado a evaluar los dípteros en el Río Anchique, departamento del Tolima, durante varios períodos hidrológicos con base en el histórico del IDEAM (instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de los últimos 20 años (mayo-julio-diciembre de 2015 y abril- julio de 2016). Se hicieron colectas en cuatro estaciones a lo largo del río, a través de redes pantalla, Surber y Tamiz, en cuatro sustratos (arena, grava, hojarasca y roca). Paralelamente se tomaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos. Se colectaron 20.599 larvas, distribuidas en 10 familias y 22 géneros. Simuliidae, fue la familia con mayor abundancia y distribución (55,58%), seguida de Chironomidae (38,9%) y Culicidae (3,54%), mientras que Empididae, Muscidae y Stratiomyidae, registraron las menores abundancias (<1%). La prueba NMDS mostró diferencias significativas entre los ensamblajes. El Análisis de Correspondencia Canónica, mostró que las variables dureza, alcalinidad, pH, Sólidos totales y conductividad eléctrica influyen sobre la composición de la fauna, a excepción de los géneros *Simulium*, *Tabanus* y *Limnophora* quienes no registraron ninguna relación con las variables fisicoquímicas evaluadas. Los resultados obtenidos son un aporte importante al conocimiento taxonómico generando información de línea base del orden Díptera para el desarrollo de planes de manejo y conservación para futuros estudios en el Departamento.

Palabras clave: Dípteros, Salud pública, fisicoquímicos.

Abstract

Diptera, are one of the most complex insects, abundant and widely distributed in the world. They are relevant in the food chain and in incidence in public health, since some are biological vectors of causal agents of diseases that affect the human. Due to its ecological importance, the present study was carried out to evaluate the Diptera in the Anchique River, in the state of Tolima, during several hydrological periods based on the IDEAM historic of the last 20 years (May-July-December 2015 and April- July 2016). Four sample stations were collected along four substrates (sand, gravel, leaf litter and rock), along the river, through network screen, Surber and Sieve. In parallel, water samples were taken for the physicochemical analysis. 20.599 larvae were collected, distributed in 10 families and 22 genera. Simuliidae was the family with the highest abundance and distribution (55.58%), followed by Chironomidae (38.9%) and Culicidae (3.54%), while Empididae, Muscidae and Stratiomyidae recorded the lowest abundances (<1%). The NMDS test showed significant differences between the assemblies. The Canonical Correspondence Analysis showed that the variables: hardness, alkalinity, pH, total solids and electrical conductivity influence the composition of the fauna, with exception of *Simulium*, *Tabanus* and *Limnophora* genus that did not have any relation with the physicochemical variables evaluated. The results obtained are an important contribution to the taxonomic knowledge generating baseline information of the Díptera order for the development of management and conservation plans for future studies in the Department.

Keywords: Diptera, Public health, Physicochemical.

Introducción

Los ríos son ecosistemas atractivos para el hombre, ya que son un recurso vital para su desarrollo y un medio propicio para evacuar los residuos de sus dinámicas. Las actividades humanas, tales como las prácticas agrícolas, deforestación, erosión, el desarrollo industrial, uso irracional del recurso hídrico, entre otros, contribuyen a aumentar de manera importante la carga orgánica del río, generando diversas formas de contaminación que implican transformaciones del medio ambiente, incidiendo en el desarrollo de la comunidad biótica; situación que lleva a adelantar acciones encaminadas para conocer los factores que influyen en la dinámica del recurso hídrico (1). Colombia no es la excepción a esta situación, actualmente se encuentra un amplio número de zonas transformadas por las diversas actividades antrópicas, afectando las cuencas hidrográficas y su biota en general (2).

Los macroinvertebrados acuáticos se constituyen como un grupo de gran interés para evaluar el efecto de los factores antropogénicos sobre los cuerpos de agua, pues muchos de ellos son sensibles a las modificaciones de sus ambientes de desarrollo; su diversidad, riqueza y abundancia los posiciona como una biota relevante en los ecosistemas dulceacuícolas (3). La capacidad bioindicadora y su papel en la dinámica de la sedimentación

de los nutrientes ha resaltado a los macroinvertebrados como una herramienta biológica importante para evaluar el estado de las condiciones y la calidad de un sistema acuático, ya que su presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del recurso hídrico (4). Dentro de esta fauna bentónica es de relevar al orden díptera; grupo de gran interés ecológico y de incidencia en salud pública, que se puede encontrar altamente afectado por estas perturbaciones. Es uno de los órdenes más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en todo el mundo, conformado por un importante número de familias, géneros y especies; presentes tanto en sistemas acuáticos lenticos como lóticos (5). Se estiman 151.000 especies a nivel mundial, se han descrito cerca de 120.000 a 150.000 especies (6).

Presentan gran capacidad de colonización de los sustratos que ofertan los ecosistemas, gracias a sus diferentes variaciones morfológicas. Componente biológico relevante en la cadena trófica, ya que además de ser parte de la dieta de una biota acuática, ayudan al reciclaje de nutrientes sedimentados y la transformación de la materia orgánica de los fondos mediante los movimientos ondulatorios de sus cuerpos (7). Con base en lo anterior es necesario y urgente continuar realizando estudios de la biota dulceacuícola, en especial la fauna de dípteros, pues su abundancia y diversidad en los cuerpos de agua los convierte en grupos de referencia, de igual forma

los estudios publicados sobre los dípteros acuáticos en Colombia son limitados, por lo tanto este trabajo es un gran aporte al conocimiento de esta fauna. Lo anterior motivó el desarrollo del presente estudio el cual fue orientado a evaluar los dípteros acuáticos en el Río Anchique, y sus posibles relaciones con las variables fisicoquímicas, geomorfológicas y ambientales de la cuenca, durante un ciclo hidrológico. La información colectada, es una base importante para futuros estudios de bioindicación y será un insumo relevante para el diseño e implementación de planes y programas de manejo y conservación de esta biota y el Río Anchique, cuenca hidrográfica inmersa en paisajes fragmentados de bosque seco tropical.

Materiales y métodos

Área de estudio. Perteneció a la cuenca mayor del río Magdalena, municipio de Natagaima, departamento del Tolima, abarcando un área total de 25.828.40 has, y una longitud del cauce que alcanza 47,4 km. Su nacimiento inicia a los 1,600 m.s.n.m. en el Filo Muñoz, vertiente con pendientes pronunciadas, suelos degradados y erosionados (8); hasta su desembocadura en el río Mag-

dalena a los 350 m.s.n.m. con caudal promedio año de 2,42 Mts³ /seg para los municipios de Natagaima, Ataco y Coyaima. Gran parte de esta cuenca se encuentra localizada dentro del ecosistema de bosque seco tropical (Bs-T), con 326 msnm y temperatura promedio de 28°C; abasteciendo principalmente el acueducto urbano de Natagaima, y es aprovechado para el riego de cultivos de arroz, el cual se encuentra expuesto a distintas alteraciones de origen antrópico a lo largo de su extensión (9) (Fig. 1).

Para la evaluación de la fauna del orden Díptera a nivel temporal, se tomó la información de los registros pluviométricos históricos (~20 años) suministrados por el IDEAM, pretendiendo diferenciar claramente los periodos de altas y bajas precipitaciones y su relación con la diversidad y abundancia de los organismos.

Toma de muestras. Se evaluó el Río Anchique, a través de cuatro estaciones distribuidas en un gradiente altitudinal, las cuales se localizan dentro de la zona de vida de bosque seco tropical (Bs-T) (Figura 2), y se hicieron cinco muestreos durante los meses de mayo, julio y diciembre de 2015; y abril y julio de 2016 este último mes

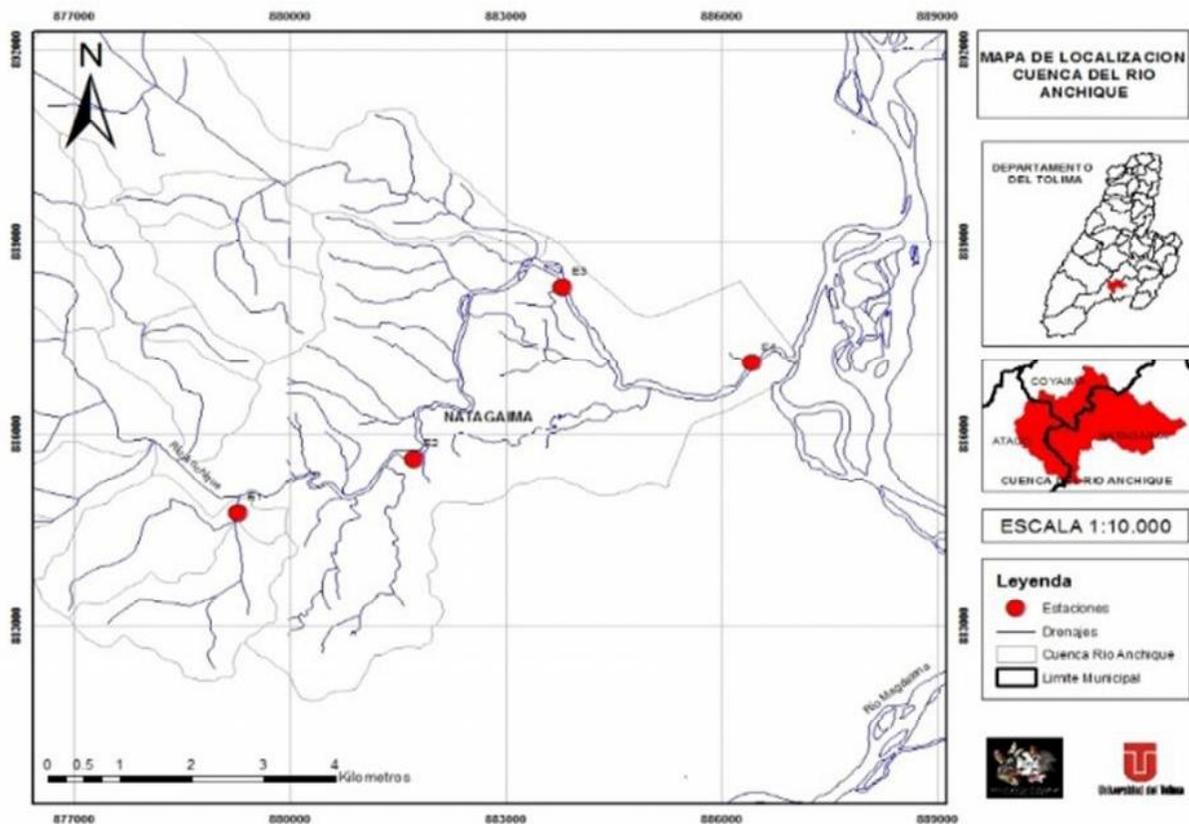
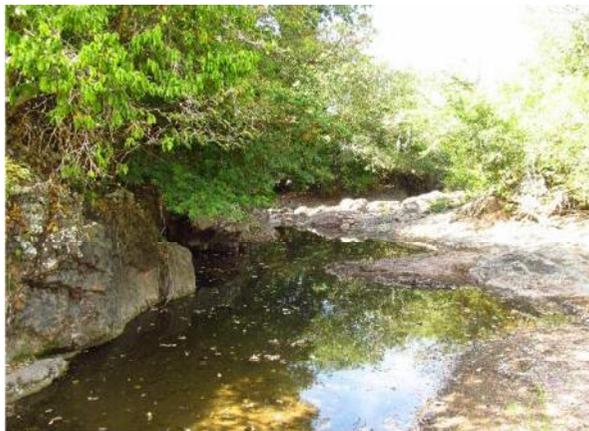


Figura 1. Estaciones de muestreo del río Anchique, Natagaima- Tolima.



ESTACIÓN 1 (Nacimiento)

Coordenadas: N 03°33'12.2" W 075°09'50.3"

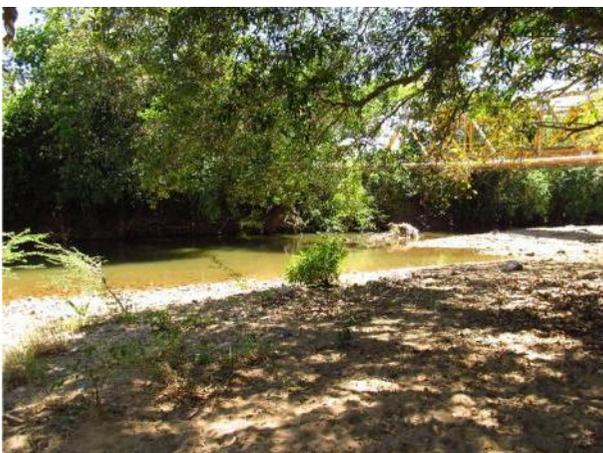
Altura: 415



ESTACIÓN 2 (Balneario)

Coordenadas: N 03°33'40.0" W 075°08'31.2"

Altura 375



ESTACIÓN 3 (Puente)

Coordenadas: N 03°35'09.1" W 075°07'24.1"

Altura: 390



ESTACION 4 (Desembocadura)

Coordenadas: N 03°34'29.2" W 075°05'58.8"

Altura: 333

Figura 2. Registro fotográfico y caracterización de las 4 estaciones de muestreo evaluadas en la cuenca del río Anchique – Natagaima, del departamento del Tolima durante los meses de Mayo, Julio y Diciembre de 2015 y Abril y Julio de 2016.

correspondiente a los dos últimos muestreos, durante un ciclo hidrológico con base en el histórico del IDEAM de los últimos 20 años, tratando de abarcar periodos de altas y bajas precipitaciones. La colecta del material biológico se realizó a través de métodos cualitativos y cuantitativos mediante Red de dos palos, Tamiz (tama-

ños de poro de 300, 100, 0.5 y 0.125 μm), y Red surber (con un marco de 0.09 m^2 de área y poro de malla de 250 μ) en diferentes sustratos (arena, grava, hojarasca y roca). En el caso de las redes y tamices, se siguieron las recomendaciones de Roldán (10), y Wantzen y Rueda (11). El material colectado se preservó en frascos plás-



Figura 3. Metodología empleada en la colecta en campo.

A) Método de colecta Tamiz B), C), D) E), Método de colecta Red Surber F) Método de colecta Red Pantalla

ticos y fijados con formol al 10% (Figura 3).

Métodos de Laboratorio. El proceso de limpieza y separación de los macroinvertebrados acuáticos colectados, se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima. Se procedió a la separación de los organismos y la preparación de los mismos para determinación taxonómica hasta el nivel de género. Los organismos registrados se separaron cuidadosamente con pinzas entomológicas de punta fina o pinceles; para el caso de la identificación de la familia Chironomidae, se utilizó las metodologías de trasparentación y montaje de placas de los organismos con ayuda de KOH al 10% y lavados sucesivos de alcohol a diferentes concentraciones (70%, 96%, y 99.9%) y posterior fijación con euparal (12), con el propósito de facilitar la visualización de estructuras fundamentales para la determinación taxonómica; utilizando claves de Muñoz *et al* (13), Borkent y Spinelli (14), Roldan (5), Epler (15), Coscaron (16), Coscarón y Cascarón Arias (17), Domínguez y Fernández (18), Trivinho (12). El material biológico determinado fue comparado con el registrado en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima CZUT, sección macroinvertebrados.

Análisis de datos. Se calculó el porcentaje de abundancias relativas (AR%), para las familias y los géneros encontrados durante los 6 muestreos con el fin de determinar la variación temporal y espacial de la composición y estructura de la comunidad del orden Díptera.

Se realizó un análisis de agrupamiento con la prueba de similitud no paramétrica ANOSIM, y para determinar diferencias en la composición de los taxones entre sitios y sustratos dicha matriz de densidad se transformó con la función $\log(n+1)$ para homogenizar valores muy altos respecto de muy bajos, y posteriormente, teniendo como criterio de separación el índice de similitud de Bray-Curtis, se realizó una ordenación NMDS (Non-metric multidimensional scaling) con el software PRIMER 7 (19). La representatividad del muestreo fue evaluada estimando el número de géneros esperados por medio de la curva de acumulación de especies, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole mediante el programa Estimate S 9.0 (20).

Por otra parte se realizó una evaluación de riqueza de especies, por medio de una curva de acumulación, compuesta por la relación entre el número de especies observadas y las unidades de muestreo. Finalmente se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC),

con el propósito de analizar la existencia y grado de asociación entre las variables fisicoquímicas y la fauna de macroinvertebrados de la cuenca del río Anchique. Para éste análisis se empleó el programa PC-ORD versión 4.25 por McCune y Mefford.

Resultados

Composición general. Se colectó un total de 20.599 larvas de Dípteros distribuidos en 10 familias, 22 géneros. Las familias más abundantes fueron Simuliidae con 11.450 larvas (55,58%) con el género *Simulium*, y Chironomidae con 8.014 (38,9%) seguida por Culicidae con 731 organismos (3,54%), Ceratopogonidae con 286 larvas (1,38%), Tipulidae 52 organismos (0,25%), Psychodidae 24 larvas (0,11%) Tabanidae 22 individuos (0,10%); Stratiomyidae 14 organismos (0,06%). En contraste, las familias que presentaron las menores abundancias fueron Muscidae 4 larvas (0,019%) y Empididae con 2 individuos (0,01%). De las 11 subfamilias existentes en Chironomidae solo tres se encontraron en este estudio (Chironominae, Orthocladiinae y Tanypodinae), siendo Chironominae la subfamilia que presentó mayor abundancia con 4.605 (22,35%), seguido de Tanypodiinae con 1.816 (8,81%) con cinco géneros, *Pentaneura*, *Labrundinia*, *Larsia* y *Fittkauimyia*; siendo *Larsia* (4,41%) el más abundante. Por último la subfamilia Orthocladiinae registró la menor abundancia con 1.593 (7,73%).

Distribución espacial y temporal. A nivel espacial la mayor abundancia de organismos se presentó en la estación E1 (Nacimiento) (65, 88%), seguidamente por la estación E4 (Desembocadura) (12,70%); por el contrario la estación E2 (Balneario) (8,88%) presentó menor abundancia, seguida de la Estación 3 (Puente) (12, 52%). Es de resaltar que durante todos los muestreos la estación más abundante siempre fue la E1. A nivel temporal, se registró el mayor número de individuos durante el muestreo M5 realizado en el mes de diciembre (32,01%), seguido del muestreo M1 que corresponde al mes de mayo (28,31%), mientras que la menor abundancia de organismos se presentó durante el muestreo M4 del mes de abril (8,16%).

Ensamblaje de los géneros del Orden Díptera. La prueba de ordenación NMDS, mostró un agrupamiento que permitió observar diferencias en la distribución de los géneros, indicando una distribución indistinta durante todos los periodos de muestreos en las diferentes estaciones. A nivel espacial la prueba, mostró dos agru-

pamientos, el primero reúne las estaciones E2, E3, E4 donde predomina el impacto de la intervención antrópica y agrícola, mientras que la E1 se encuentra dispersa pero alcanza a encontrarse en este grupo. Esto se puede relacionar por la presencia de la subfamilia Chironominae y Orthoclaadiinae en las estaciones E2, E3 y E4 donde se evidenció abundancias elevadas, comparada con la E1 donde hay una alta cantidad de organismos pertenecientes al género *Simulium*, y la familia Chironomidae, situación que hace que esta estación este menos próxima a las demás.

Según los resultados, se reflejan diferencias estadísticamente significativas durante todo el estudio, evidenciando la agrupación de las estaciones y los muestreos; esto se confirma con los resultados del ANOSIM (ANOSIM, $R = 0,2113$; $P = 0,0143$). El M4 evidencia diferencias intergrupales a nivel de estaciones, donde la E1 está menos próxima de las estaciones E2, E3, E4, pero si muestra relación con los muestreos M3, M4, M5 de la estación E1 (Nacimiento), muestran un agrupamiento lo cual se puede atribuir a que dicha estación presenta mayor densidad de organismos, de los géneros *Simulium*, *Pentaneura*, *Bezzia*, *Larsia*, y las subfamilias Chironominae y Orthoclaadiinae, mientras que las menores densidades las presentaron los géneros *Hemerodromia*, *Limnophora* y *Lispe* (Figura 4).

Curvas de Acumulación. La representatividad del muestreo con base en los estimadores de riqueza S Mean, Chao 1, ACE y Cole Rarefacción todos fueron del 100%; por lo anterior puede asumirse que el número de muestreo y métodos de colecta fueron los adecuados para el registro de la fauna díptera en el presente estudio.

Variabes Físicoquímicas y Bacteriológicas. La relación entre las variables físicoquímicas y la abundancia de los géneros se evaluó mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), el cual permitió visualizar la relación estrecha que existente entre algunos géneros del orden Díptera con las estaciones de muestreo y ciertas variables físicoquímicas e hidrológicas evaluadas en la cuenca del río Anchique. Se observa que en la estación E1 (Nacimiento), los géneros *Anopheles*, *Culex*, *Molophilus*, *Odontomyia* y *Xestochironomus* presentan un agrupamiento con las variables dureza, alcalinidad, pH, sólidos totales y conductividad eléctrica, asociadas a procesos de mineralización y por la demanda biológica de oxígeno (DBO_5).

Por otra parte, en la estación E4, se evidencia que los parámetros físicoquímicos relacionados con oxidoreducción, como fosfatos, DQO, turbiedad, coliformes totales y nitratos, influyen en la presencia de los géneros

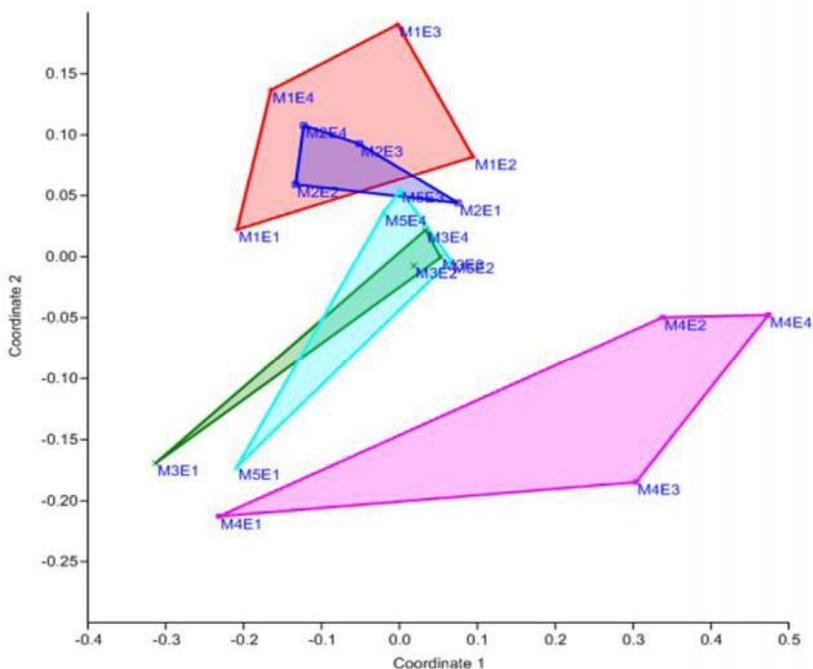


Figura 4. Diagrama de ordenación NMDS basado en las abundancias en los géneros del orden Díptera registradas en seis muestreos. Ordenación a nivel espacial y temporal.

Labrundinia, *Culicoides*, *Bezzia*, *Atrichopogon*, *Larsia*, *Pentaneura* y la subfamilia Chironominae, mientras que en las estaciones E2 y E3, los géneros *Maruina*, *Ortholadiinae*, *Hemerodromia*, *Tipula* y *Hexatoma*, se encontraron relacionadas con las variables físicas e hidrológicas como la turbidez, temperatura del agua (T° agua), la velocidad media, caudal, profundidad, y la variable fisicoquímica Oxígeno disuelto (Figura 5).

Discusión

El orden díptera presentó un gran número de organismos, lo cual se puede atribuir a su gran capacidad colonizadora, ya que las larvas pueden ocupar diferentes rangos de hábitats, presentes tanto en ambientes acuáticos perturbados como no perturbados, igualmente

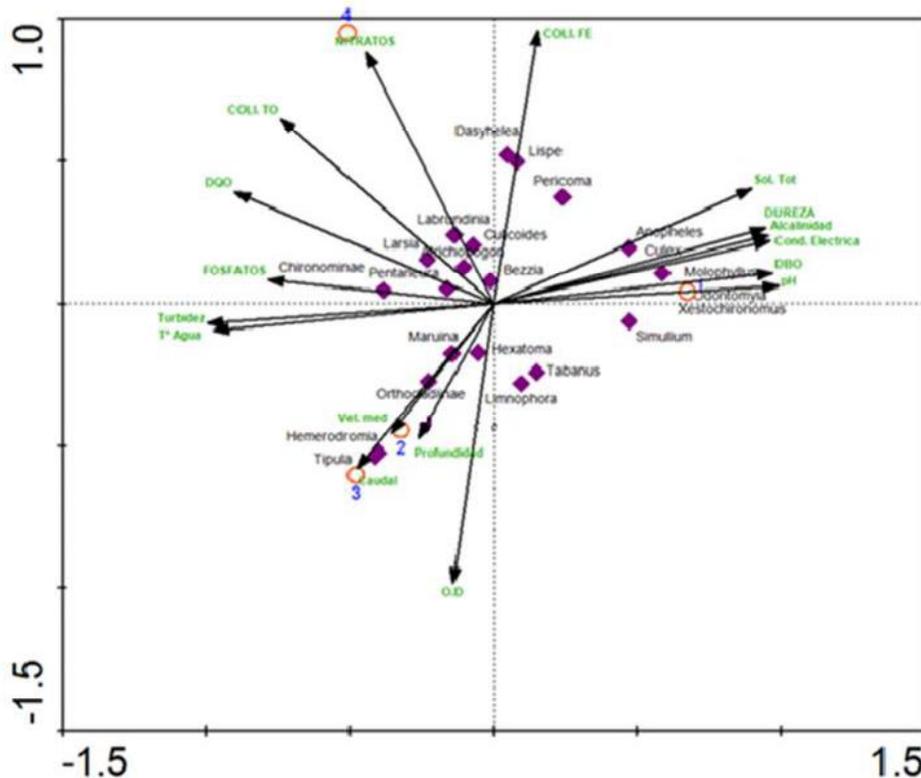


Figura 5. Diagrama de ordenación ACC de la comunidad del orden Díptera durante los seis periodos de estudio, para las cuatro estaciones muestreadas con relación a las variables fisicoquímicas e hidrológicas.

este orden es el mejor representado por su abundancia y diversidad en ambientes acuáticos continentales (21). Este grupo tiene algunas ventajas sobre otros insectos, como tolerancia a la presencia de materia orgánica, alta disponibilidad de alimento y posiblemente la reducción de los depredadores y de competidores naturales (22); otro aspecto relevante son sus ciclos de vida, ya que la variedad de hábitats que ocupan los estados preimaginales de dípteros acuáticos es superior a las de cualquier otro orden de insectos (23).

Durante todo el estudio la familia Simuliidae fue la más abundante del orden con el género *Simulium*, encontrándose, en todas las estaciones de muestreo, registrándose en mayor proporción en la estación E1, en zona de rápidos y en sitios con diferentes tipos de sustratos (troncos

sumergidos, arena y hojarasca, todas estas, condiciones propias de la zona), especialmente en el sustrato roca, así como en cuerpos de agua con pendientes escabrosas donde hay suficiente oxigenación, lo cual concuerda con lo reportado por Carranza (24). La disponibilidad de alimentos, la competencia, la turbulencia y la dirección, relacionada con la topografía del río, y la disponibilidad de material vegetal y rocoso total o parcialmente sumergidos, incidieron en la distribución de esta biota a lo largo del río Anchique. Las larvas se abandonan en la corriente para evitar ser arrastradas sujetándose mediante un hilo de seda a la vegetación, piedras o cualquier otro tipo de sustrato que se encuentre en el cauce (25).

Los chironomidos se registran como la segunda familia más abundante en las estaciones y sustratos evaluados a

lo largo de la cuenca del río Anchique, los resultados no concuerdan con lo reportado por Carranza (24); Oviedo (26); Rojas, (27); Reinoso *et al* (28); Reinoso *et al* (29); para otras cuencas del departamento del Tolima, donde Chironomidae siempre se había registrado como la más abundante.

A pesar de que las larvas de *Simulium* son potencialmente colonizadoras, requieren de condiciones adecuadas para su desarrollo, es decir, se asocia con ciertos parámetros ecológicos, hidrológicos y fisicoquímicos de los cuerpos de agua, su distribución depende de factores como la turbiedad, salinidad, pH, concentración de oxígeno disuelto, temperatura, altitud, velocidad del agua, tipo de sustrato e insolación (30). Respecto a la familia Chironomidae, es de resaltar que de sus 11 subfamilias existentes, solo tres se encontraron en este estudio (Chironominae, Orthocladiinae y Tanypodinae), siendo Chironominae la que presentó mayor abundancia con 4605 (22,36%), valores muy similares a lo reportado por Epler (15); Medina y Paggi (31); Carranza (24); Oviedo (26), Rojas (27), quienes enfatizan que es la subfamilia con mayor diversidad y abundancia. Dentro de esta subfamilia solo se pudo identificar el género *Xestochironomus* (1,08%) en la estación E1 (Nacimiento) durante el muestreo M1 correspondiente al mes de mayo de 2015 (periodo de lluvia). Epler (15) y Oviedo (26) reportan que este género es común en las cabeceras de los ríos donde las condiciones como abundante vegetación ribereña y madera en descomposición en el agua son las apropiadas para el desarrollo de sus poblaciones. La Subfamilia Tanypodinae también fue representativa en el estudio con 1816 individuos y 5 géneros, *Pentaneura*, *Labrundinia*, *Larsia* y *Fittkauimyia*; siendo *Larsia* el más abundante. Seguida de esta subfamilia encontramos las larvas de Orthocladiinae con 1.593 organismos.

Es importante, mencionar que la subfamilia Chironominae se registró en todas las estaciones de muestreo, con alta representatividad en la última estación E4, la cual pertenece a la desembocadura, caracterizada por tener una alta influencia antropogénica; en especial por la explotación inadecuada del suelo por ganadería causal de erosión.

Los resultados anteriores concuerdan con lo registrado para el neotrópico, donde se destaca la amplia distribución de Chironomidae y su alta diversidad (32). Su amplia distribución y abundancia a lo largo de la cuenca del río Anchique, puede atribuirse a factores medioambientales como la naturaleza del sustrato, puesto que tie-

nen la capacidad de ocupar y/o habitar un amplio rango de microhábitats como el sustrato limo arcilloso, fango, arena, roca, madera sumergida, sedimentos, grava, canto rodado e incluso plantas acuáticas; tienen capacidad de tolerar pH ácidos, altos grados de salinidad y bajos niveles de oxígeno (32). Tienen además la capacidad para sobrevivir en diferentes tipos de hábitats y tolerar ambientes ricos en carga orgánica residual. Dichas larvas pueden alcanzar altas densidades y pueden procesar grandes cantidades de alimento y eliminar la materia en suspensión que la transfiere a las redes bénticas, como lo reportan Henriques-Oliveira *et al* (33). Otro aspecto importante que favorece el establecimiento y colonización de ésta biota es la presencia de hemoglobina; la cual retiene el oxígeno necesario para estos organismos (34). La presencia de Chironomidos contribuye a la buena salud de los ecosistemas, debido a que son consumidores importantes de materia orgánica particulada; detritos, restos en descomposición de plantas, algas y animales, y además, enriquecen la dieta de los peces, crustáceos, odonatos, coleópteros y hemípteros que se alimentan de ellos, pues sus tejidos contienen altos niveles de proteína (35).

La familia Culicidae con los géneros *Anopheles* y *Culex* se colectaron en la estación E1 (Nacimiento), registrando sus mayores abundancias en épocas de verano, donde la corriente era interrumpida, mientras que en las otras estaciones el flujo de la corriente fue constante. Dicha zona se caracteriza por presentar gran sedimentación rocosa y arenosa con vegetación ribereña; organismos propios de hábitat acuáticos lénticos como charcas y pozos temporales, así como de aguas deposicionales o troncos con huecos, márgenes de arroyos con bajas corrientes, bien oxigenadas. La ausencia de *Anopheles* y *Culex* en las otras estaciones quizás pueda deberse a factores como el ancho de la corriente; la agitación de las aguas o la falta de material flotante y sumergido (10).

Ceratopogonidae fue la cuarta familia más representativa de la cuenca constituida por 4 géneros (*Atrichopogon*, *Bezzia*, *Culicoides* y *Dasyhelea*), siendo *Bezzia* (1,00%) el más abundante y *Atrichopogon* el menos abundante (0,01%). Estos organismos se encontraron en todas las estaciones evaluadas, donde predominó en la estación E1 (Nacimiento), caracterizada por presentar buena cobertura boscosa y vegetación riparia, ubicada a los 415 msnm, además suelen habitar aguas lóxicas, adheridos a rocas emergentes, en aguas lénticas, charcas y lagos con material vegetal en descomposición (5), características

encontradas en las estaciones evaluadas.

Por otro lado, la familia Tabanidae con el género *Tabanus*, registró su mayor abundancia en la estación E1 (Nacimiento), usualmente abunda en hábitats húmedos, regular o estacionalmente inundados, los cuales utilizan para su desarrollo (como huevos, larvas y pupas), estas zonas son marginales relacionadas con lodo y material en descomposición (24).

De otra parte la familia Psychodidae con *Maruina* y *Pericoma* registraron su mayor abundancia en la estación E2 (Balneario). Estos se pueden encontrar sobre sustratos rocosos en zonas con material alóctono y en descomposición, con alta intervención antrópica (2) características presentes en dicha estación.

Stratiomyidae con el género *Odontomyia* fue colectada solo en la estación E1, género común en aguas corrientosas, en márgenes de arroyos, charcas, pantanos y ciénagas sobre objetos flotantes o sumergidos (tablas, troncos, desechos o hierbas) (5). De Tipulidae, los géneros *Tipula*, *Hexatoma* y *Molophilus*; el primero en las estaciones E2 y E4, caracterizadas por presentar cierto grado de intervención antropogénica, con valores de abundancia bajos; *Hexatoma* registrado en las cuatro estaciones de muestreo, y *Molophilus* se encontró solo en la E1. Estos individuos suelen encontrarse en el fango y materia orgánica en descomposición, o en algas que crecen sobre piedras emergentes y en fragmentos orgánicos en las márgenes de arroyos, charcos, pantanos, los cojines de algas o briofitas, márgenes arenosos de arroyos poco profundos (5). Por su parte, Empididae conformada por el género *Hemerodromia*, registrado en las estaciones E2 y E3, estos organismos son propios en áreas marginales adheridos a la vegetación. Sus estadios inmaduros se encuentran en el suelo y material vegetal en descomposición. La familia Muscidae con el género *Limnophora* y *Lispe*, se encontraron en márgenes de corrientes adheridas a superficies de rocas, con material orgánico en descomposición (5).

Es de resaltar que los meses de abril y julio de 2016 (M4 y M5) correspondieron a temporada de altas precipitaciones, presentándose el aumento del caudal y de la velocidad de la corriente, aspectos que posiblemente influyeron en la baja abundancia de dípteros, provocando el arrastre de los organismos. Es importante mencionar que el caudal y la velocidad de la corriente son variables con factores estructuradores de los macroinvertebrados en ríos tropicales de zonas bajas (38).

La ordenación NMDS indicó la agrupación por estaciones y muestreos, donde se evidencia el agrupamiento de las estaciones E2, E3 y E4 del muestreo M2, estaciones que registran una alta influencia antrópica directa de la urbanización y ganadería, comparado con el agrupamiento de la E1 de los muestreos M3, M4, M5, la cual no evidencia algún tipo de impacto. Se observa que el M4 se encuentra mucho más distante de los muestreos M1, M2, M3 Y M5. Estos resultados permiten visualizar diferencias en la composición de géneros, los cuales pueden estar distribuidos de acuerdo al tipo de impacto que se presente en la zona, evidenciando que existen correlaciones significativas con respecto a la composición y estructura de la fauna del orden Díptera (27).

La presencia de organismos como *Simulium*, *Tabanus* y *Limnophora* no estuvo condicionada a las variables fisicoquímicas evaluadas en el estudio, ya que 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 (39).

Existen varios factores que gobiernan los procesos físicos y morfológicos de los ríos tales como el clima local, la naturaleza de la vegetación riparia, el uso de la tierra en su área de influencia y la intervención directa del hombre por extracción de materiales y modificación del curso de agua (40); situación que se evidencia en las estaciones E2, E3 y E4 de la cuenca del río Anchique, las cuales registran alta intervención antrópica lo cual permite suponer que los cambios de estas variables ambientales se relacionen con el tipo de ecosistema en particular de cada estación y/o del impacto antropogénico que recibe. Mientras que la estación E1 (Nacimiento), ubicada en la parte alta de la cuenca, cuenta con caudal bajo, abundante sustrato rocoso, amplia vegetación ribereña (bosques), margen del arroyo poco rodeado por esta, presenta caídas de agua; cobertura media, abundancia de sustrato rocoso y arenoso, presencia de algas; evidencia poca intervención antrópica, haciéndola la estación más conservada en comparación a las estaciones E2, E3 y E4. Esto concuerda con lo reportado por Roldán y Ramírez (40), quienes enfatizan que la calidad fisicoquímica del agua en la parte alta de las corrientes es normalmente buena, considerando que el contenido de oxígeno es alto, las aguas son claras y transparentes, pobre en nutrientes y de baja conductividad; la productividad primaria es muy baja, y los consumidores de-

penden del material alóctono que cae de los árboles o que es arrastrado por las lluvias.

De acuerdo a la unidad de esfuerzo empleada durante los muestreos, la curva de acumulación de especies representó el incremento en el número de géneros añadidos al inventario según aumenta el esfuerzo de muestreo realizado. Para este estudio la curva de acumulación indicó una buena representatividad y por lo tanto, un buen muestreo y los métodos de captura fueron apropiados.

Conclusiones

La cuenca del río Anchique presenta una diversidad importante de Dípteros acuáticos representados en 10 familias de las 15 reportadas para el departamento del Tolima.

La complejidad taxonómica del orden Díptera en especial de la familia Chironomidae ha limitado el avance en el conocimiento de las especies.

Los géneros de Dípteros reportados para el río Anchique, son similares a los reportados en estudios anterio-

res para otras cuencas del departamento del Tolima.

Condiciones ambientales como lluvias, variables fisicoquímicas tales como alcalinidad, dureza, sólidos totales, pH, conductividad eléctrica, turbiedad, fosfatos y coliformes totales y factores ecológicos como la variedad de sustratos; influenciaron la abundancia, distribución y diversidad de los organismos del orden díptera en la cuenca del río Anchique. El Análisis de Correspondencia Canónica muestra que varios de los géneros que presentan mayor dominancia, especialmente la familia Chironomidae; se encuentran relacionados con múltiples variables fisicoquímicas; lo cual podría indicar la capacidad de estos organismos para adaptarse a estas variables y aprovecharlas para su uso.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Comité Central de Investigaciones y al Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima por la financiación del trabajo. De manera especial a Néstor Oviedo y Laura Rojas por el apoyo en la parte taxonómica.

Referencias

1. Forero, A. (2011). Caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opía, Tolima, Colombia. Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. 133 pp.
2. Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad Antioquia; Antioquia – Medellín. 170 pp. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
3. Forero, A & Reinoso, G. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opía (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología, Universidad del Tolima. 371-372 pp. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a12.pdf>
4. Pinilla, A. (1998). Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia: Compilación Bibliográfica: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. 11pp. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_Pinilla_Agudelo/publication/260186467_Indicadores_biologicos_en_ecosistemas_acuaticos_continental_de_Colombia_Compilacion_bibliografica/links/0f3175359674e824ac000000/Indicadores-biologicos-en-ecosistemas-acuaticos-continental-de-Colombia-Compilacion-bibliografica.pdf
5. Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Primera reimpression. Presencia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá - Colombia. 217pp.
6. Courtney, G., Pape, T., Skevington, J. y Sinclair, B. (2009). Biodiversity of Diptera. In John Wiley y Sons (Ed.), *Insect Biodiversity Science and Society*. 185-222 pp.
7. Orozco, R.; Guzmán, M. y Palma, B. (1992). Dípteros acuáticos en la ensenada de san Nicolás, lago de Chápala, Jalisco, México. Anales del instituto de ciencias del mar y Limnología. Disponible en: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1993-1/articulo425.html>
8. Rojas, J., & Useche, F. (2003). Tomo 1, Diagnóstico Territorial. 111pp.
9. Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). (2007). Plan de acción trienal 2007-2009. Oficina de Planeación. IBAGUÉ, 17 DE AGOSTO.
10. Roldán, G. (1988). Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia, Colombia, Fondo FEN. Editorial Presencia LTDA. Bogotá. 78-80, 217 pp. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/332118646/ROLDAN-Guia-para-el-estudio-de-los-macroinvertebrados-acuaticos-del-departamento-de-Antioquia-pdf>
11. Wantzen, K. y Rueda, G. (2009). Técnicas de Muestreo de Macroinvertebrados Bentónicos. In E. Domínguez y H. R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática Y Biología*. Tucumán - Argentina: Fundación Miguel Lillo. 7 - 46 pp.
12. Trivinho, S. (2011). Larvas De Chironomidae: Guía de Identificación (Vol. 2). Sao Carlos. Disponible en: <https://sites.google.com/site/brazilianchironomids/keys2/trivinhostrixino2011>
13. Muñoz, P., Bueno, M & Moncada, L. (1984). Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. Iv Clave grafica para la Identificación de los Simulidos de la Región de la Calera, Cundinamarca. Biomedica. Vol.4 1-1984. 1-24pp. Disponible en: <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1877/1903>
14. Borkent, A. & Spinelli, G. (2007b). Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta) (Vol. 4): Pensoft, Sofia-Moscow. 146pp. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=4rtpF1sktfUC&printsec=frontcover&dq=Neotropical+Ceratopogonidae+\(Diptera:+Insecta\)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjIppqDlnb3bAhVHzlMKHVNrA-EQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Neotropical%20Ceratopogonidae%20\(Diptera%3A%20Insecta\)&f=false](https://books.google.com.co/books?id=4rtpF1sktfUC&printsec=frontcover&dq=Neotropical+Ceratopogonidae+(Diptera:+Insecta)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEWjIppqDlnb3bAhVHzlMKHVNrA-EQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Neotropical%20Ceratopogonidae%20(Diptera%3A%20Insecta)&f=false)
15. Epler, J. (2001). Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and south Carolina. *Crawfordville: North Carolina Department of environment and Natural Resources*. <ftp://secure.sjrwmd.com/technicalreports/SP/SJ2001-SP13.pdf>
16. Coscaron, A. (2003). Clave de Simuliidae (Insecta: Díptera) de Ecuador. *Folia Entomológica Mexio*. 42(2). 191-219 pp. Disponible en: <http://www.socmexent.org/revista/fofia/Vol%2042/Vol-42Num2/191-220.pdf>

17. Coscarón, S. y Cascarón Arias, C.L. (2007). Neotropical Simuliidae: Diptera, Insecta. 3 Pensoft Pub. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=7E1-Msnc0A8C&pg=PA661&dq=Neotropical+Simuliidae:+Diptera,+Insecta.+3+Pensoft+Pub.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjm46PX6b3bAhUEXVkJHTAoDVcQ6AEIJAA#v=onepage&q=Neotropical%20Simuliidae%3A%20Diptera%2C%20Insecta.%203%20Pensoft%20Pub.&f=false>
18. Domínguez, E. & H. R. Fernández. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 656 pp. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_benticos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia
19. PRIMER-E, L. (2007). PRIMER 7. Plymouth: PRIMER-E Ltd.
20. Villareal, H., Álvarez, M. S., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. pp183-188.
21. Fernández, H. & Domínguez, E. (2001). Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. 282 pp.
22. Caicedo, O. & Palacio, J. (1998). Los macroinvertebrados bentónicos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). En: Actualidades Biológicas. 20(69) 61-73pp. Disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/329779/20786113>
23. Lizarralde, M. (2009). Diptera: Generalidades. In E. Domínguez & H. R. Fernández (Eds.), Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología (1 ed., pp. 341-364). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. <https://es.scribd.com/document/371542932/Macroinvertebrados-Benticos-Sudamericanos-2009>
24. Carranza, X. (2006). Evaluación de la fauna de Dípteros (Insecta: Díptera) Acuáticos de las cuencas de los ríos Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima. Programa académico: Biología. Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima. 209 pp.
25. Martínez, R. y Portillo, M. (1999). Estudio faunístico y ecológico de los Simúlidos (Diptera, Simuliidae) del río Cidacos a su paso por la Rioja. Estudio subvencionado por el instituto de Estudios Riojanos y realizado con la colaboración del Departamento de Biología Animal de la Universidad de Salamanca. *ZUBIA. Monográfico*, 11. 5423. 67 pp.
26. Oviedo, N. (2011). Estudio de los Dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) En la cuenca del Río Opia, Departamento del Tolima. Programa académico: Biología. Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima. 63 pp.
27. Rojas, D. (2013). Composición y estructura de la fauna de dípteros de la cuenca del río Alvarado (Tolima-Colombia). Programa académico: Biología, Universidad Del Tolima. 103 pp.
28. Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M., & Esquivel, H. (2008). Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca del Río Lagunilla. Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. Disponible en: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/a13.pdf
29. Reinoso, G., Villa, F., Esquivel, H., García, J & Vejarano, M. (2007). Biodiversidad Faunística y Florística de la Cuenca del Río Totare. Biodiversidad Regional Fase III. Grupo de Investigación en zoología. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
30. Coscarón, S. y Cascarón Arias, C.L. (2007). Neotropical Simuliidae: Diptera, Insecta (Vol. 3): Pensoft Pub. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=7E1-Msnc0A8C&printsec=frontcover&dq=Neotropical+Simuliidae:+Diptera,+Insecta+\(Vol.+3\)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi58Iuipb3bAhUB3FMKHec5DngQ6AEIJAA#v=onepage&q=Neotropical%20Simuliidae%3A%20Diptera%2C%20Insecta%20\(Vol.%203\)&f=false](https://books.google.com.co/books?id=7E1-Msnc0A8C&printsec=frontcover&dq=Neotropical+Simuliidae:+Diptera,+Insecta+(Vol.+3)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi58Iuipb3bAhUB3FMKHec5DngQ6AEIJAA#v=onepage&q=Neotropical%20Simuliidae%3A%20Diptera%2C%20Insecta%20(Vol.%203)&f=false)
31. Medina, A y Paggi, A. (2004). Composición y abundancia de Chironomidae (Diptera) en un río serrano de zona semiárida (San Luis, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 63 (3-4): 107-118pp. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802004000200016

32. Paggi, A.C. (2009). Diptera Chironomidae. In E. Domínguez y H. R. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática Y Biología*. Tucumán - Argentina: Fundación Miguel Lillo. 383-410 pp.
33. Henriques-Oliveira, A; Nessimian, J & Dorvillé, L. (2003). Feeding habits of Chironomid Larva (Insecta: Diptera) from stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63 (2): 269-281 pp. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v63n2/a12v63n2.pdf>
34. DeWalt, R., Resh, V. y Hilsenhoff, W. (2010). Diversity and Classification of Insects and Collembola. In H. T. James y P. C. Alan (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater*. 3 Edition. 587-657 pp.
35. Sotelo, R., Cupula, A. y Rodríguez, A. (2014). Primer registro del género *Clunio* (Diptera: Chironomidae) asociado a las comunidades coralinas de islas Marietas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 14-15 pp. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532014000100003
36. Walker, E.D. y Wallace, J.R. (2008). Culicidae. In R. W. Merritt, K. W. Cummins & M. B. Berg (Eds.), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* 4ed. 801-823pp.
37. Vásquez, J.; Guevara, G.; G. Reinoso. (2012). Impactos de la urbanización y agricultura en cuencas con bosque seco tropical: influencia sobre la composición y estructura de larvas de Tricópteros. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 64-68 pp. <http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/download/revistas/2013/Art%206.pdf>
38. Roldán, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 529pp.
39. Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*: Editorial Universidad de Antioquia. 420-440pp. https://books.google.com.co/books?id=FA5Jr7pXF1UC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false