

ESTUDIO DE LA FAMILIA BAETIDAE (EPHEMEROPTERA: INSECTA) EN UNA CUENCA CON INFLUENCIA DE LA URBANIZACIÓN Y AGRICULTURA: RÍO ALVARADO- TOLIMA

STUDY OF FAMILY BAETIDAE (EPHEMEROPTERA: INSECTA) IN A WATERSHED IMPACT OF URBANIZATION AND AGRICULTURE: ALVARADO RIVER-TOLIMA

Adriana Marcela Forero-Céspedes y Gladys Reinoso-Flórez.

Grupo de Investigación en zoología, Universidad del Tolima, Colombia, adrianam@ut.edu.co, greinoso@ut.edu.co

Recibido: Agosto 30 de 2013

Aceptado: Septiembre 2 de 2013

*Correspondencia del autor. Grupo de Investigación en zoología, Universidad del Tolima, Colombia.

Email: adrianam@ut.edu.co.

RESUMEN

El ecosistema acuático es variable y los organismos que lo habitan pueden estar influenciados por estos factores. Conocer los requerimientos ecológicos de cada grupo en particular permitirá tener una mirada holística al estado del cuerpo de agua, lo que motivo que el presente estudio estuviera encaminado a determinar la calidad del agua del río Alvarado a partir de la composición y estructura de la familia Baetidae (ephemeroptera: insecta) teniendo en cuenta diferentes sustratos (arena, grava/guijarro, hojarasca, roca) y sus posibles relaciones con algunos parámetros fisicoquímicos. Se colectaron 1171 organismos distribuidos en ocho géneros *Americabaetis*, *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Cloeodes*, *Guajiroilus*, *Nanomis*, *Paracloeodes* y *Varipes* registrándose la mayor densidad de organismos en la estación E8. En cuanto a los sustratos evaluados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (ANOSIM, $R = 0,02138$; $P > 0,05$), sin embargo roca reporto la mayor cantidad y diversidad de baetidos. La abundancia y presencia de los géneros *Baetodes*, *Guajiroilus*, *Cloeodes* y *Americabaetis* se relacionó con el caudal y a variables fisicoquímicas asociadas a procesos de mineralización. Las estaciones E1 y E2 presentaron las mejores condiciones de hábitat para estos organismos tal como se evidencia en los altos valores de riqueza y diversidad.

Palabras claves: Baetidae, variables fisicoquímicas, río Alvarado, sustrato.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems are variable and their inhabiting organisms may be influenced by these factors. By knowing the ecological requirements of each particular group it is possible to have an holistic view of the state of water, which motivated the study of the quality water of Alvarado river, based on the structure and composition of Baetidae family (Ephemeroptera: insecta), considering different substrates (sand, gravel, litter and rock) and relations with physicochemical parameters. We collected 1171 organisms from eight genera, *Americabaetis*, *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Cloeodes*, *Guajiroilus*, *Nanomis*, *Paracloeodes* y *Varipes*. The highest density was found in station E8. There were no statistical differences among substrates. However, the highest diversity and abundance of baetids were found in rock substrate. Presence and abundance of some genera like *Baetodes*, *Guajiroilus*, *Cloeodes* y *Americabaetis* were related with the volume of flow (Q) and physicochemical variables associated with mineralization process. The best habitat conditions were found at the stations E1 and E2, given the high values of richness and diversity.

Keywords: Baetidae, physicochemical variables, Alvarado river, substrates

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, ha sido prioritaria la inclusión de las comunidades acuáticas como una herramienta básica para evaluar la calidad de los ecosistemas dulceacuícolas (1). En la última década los macroinvertebrados acuáticos han sido considerados un modelo biológico relevante en los estudios de bioindicación ya que reúnen una amplia gama de condiciones entre las que se destacan su gran riqueza de especies, capacidad de colonización de diferentes sustratos, amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes), sedentarismo, ciclos de vida largos, requieren de hábitats con características particulares para su desarrollo y colonización, son sensibles a las variaciones espaciales y temporales, y a cambios en las condiciones físicas y químicas, entre otras (1-4).

Dentro de este grupo, Ephemeroptera es considerado un orden clave para los estudios de bioindicación, pues además de ser uno de los principales grupos de macroinvertebrados bentónicos, son abundantes y diversos, y ocupan la mayor parte de meso-hábitats disponibles (5). Igualmente son relativamente fáciles de coleccionar, pasan prácticamente toda su vida en el agua como ninfas y viven como adultos desde pocas horas hasta aproximadamente tres días para alcanzar el apareamiento y ovoposición. Estas características les permiten ser uno de los más fuertes testigos de las variaciones que puedan presentarse en los ecosistemas acuáticos que habitan (6).

Baetidae (Ephemeroptera), se ha postulado como un excelente candidato bioindicador por ser una de las

familias más diversa y abundantes, con preferencia de sustratos específicos, alta sensibilidad a los procesos de degradación e impacto antropogénico (7-9). Con base en lo anterior se ha desarrollado el presente estudio el cual tiene como objetivo determinar la calidad del agua del río Alvarado a partir de la composición y estructura de la familia Baetidae (Ephemeroptera: insecta), en diferentes sustratos (arena, grava/guijarro, hojarasca, roca) y sus posibles relaciones con algunos parámetros fisicoquímicos.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. La cuenca del río Alvarado hace parte de la cuenca mayor del río Totare, departamento del Tolima-Colombia (Figura 1; Tabla 1). Presenta un área de 29988,14 ha, un perímetro de 91,66 Km y una longitud del cauce de 55,06 Km (10). Presenta una orientación nororiental y hace parte de la comúnmente denominada terraza de Ibagué. Geológicamente la mayor parte de la cuenca está compuesta por materiales sedimentarios procedentes de la cordillera Central y en menor cantidad por rocas ígneas y metamórficas (11). Distribuida en la zona de bosque seco tropical del bajo Magdalena; esta cuenca presenta suelos fértiles y condiciones ecológicas particulares que han permitido a lo largo del tiempo el establecimiento de grandes zonas de cultivo, pastos para ganadería y urbanización (Figura 1) (10).

Colecta de los especímenes. Se realizaron dos salidas de campo durante el año 2012 abarcando periodos de bajas y altas precipitaciones teniendo en cuenta los registros pluviométricos históricos (~20 años) que mostraron un régimen bimodal. La colecta se realizó por medio de una red surber (30x30 cm, 0,09 m², 250 µm)

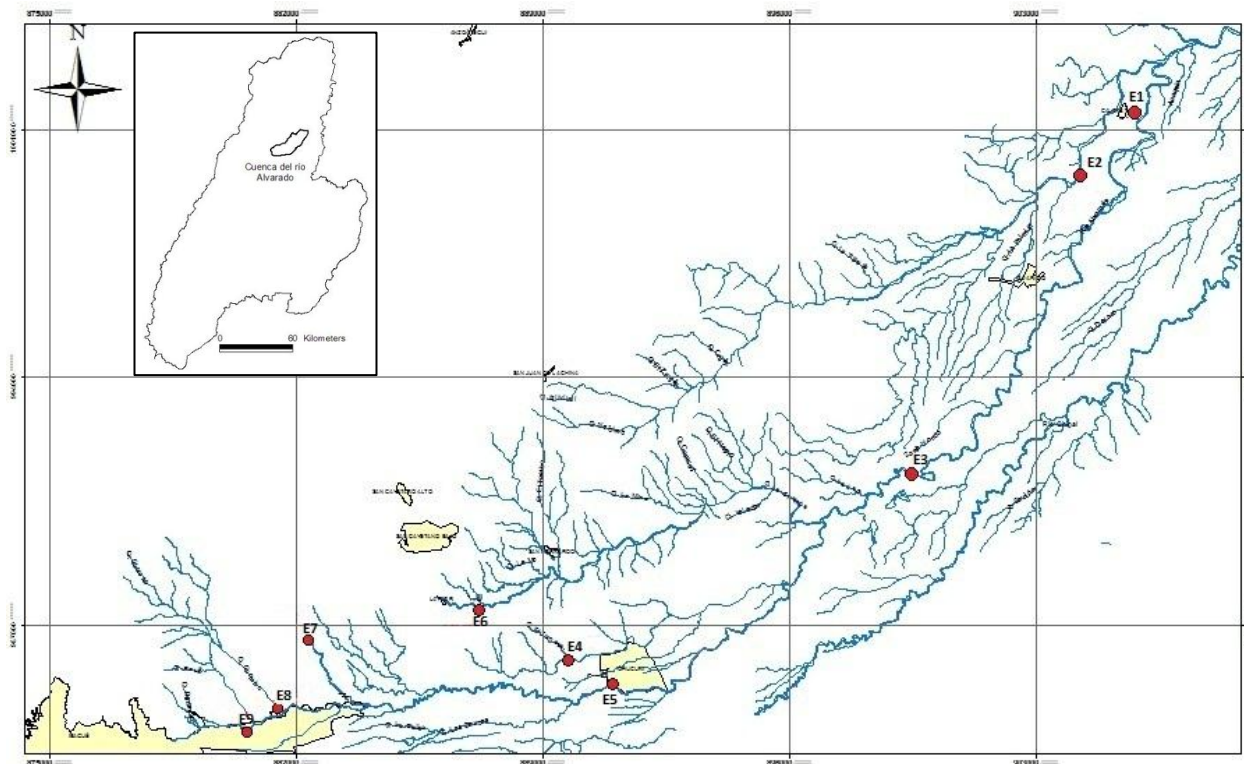


Figura 1. Mapa de las estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado Tolima, Colombia.

Tabla 1. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado en el departamento del Tolima, Colombia. Est.=Estaciones.

Est.	Zona	Altura (m)	Lugar	Coordenadas
E1	Río Alvarado-Caldas Viejo	351	Alvarado	04° 36' 41,2" N 074°55'46,2" O
E2	Q. La caima	374	Alvarado	04° 35' 45,8" N 074°56'39,6" O
E3	Río Alvarado-Puente	521	Alvarado	04° 31' 11,3" N 074°59'14,0" O
E4	Q. La Manjarres	758	Chucuni	04° 28' 19,3" N 075°04'26,9"O
E5	Río Alvarado-Chucuni	697	Chucuni	04° 27' 56,7" N 075°03'46,7"O
E6	Q. Chumba	973	Ibagué	04° 29' 06,2" N 075°05'48,6"O
E7	Q. Cocare	1057	Ibagué	04° 28' 37,4" N 075°08'25,4"O
E8	Q. Chembe	988	Ibagué	04° 27' 34,2" N 075°08'54,7"O
E9	Río Alvarado -Inicio	977	Ibagué	04° 27' 13,1" N 075°09'23,2"O

en los hábitats correspondientes a rápidos y remansos teniendo en cuenta la disponibilidad de hábitat (arena, roca, grava/guijarro y hojarasca). En cada uno de las estaciones se tomaron 3 submuestras a lo largo y ancho del tramo y se integraron en una sola, para un área total de muestreo de 1,08 m², la cual estaba sujeta a la disponibilidad de los hábitats referenciados dentro de la corriente. El material se depositó en frascos plásticos debidamente etiquetados y se fijó con alcohol (70%); posteriormente en el Laboratorio de Investigación en Zoología se procedió a separar y determinar el material biológico hasta el nivel taxonómico de género, a partir de las claves taxonómicas y descripciones (12-16). Finalmente los organismos se almacenaron en alcohol (70%) y se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-Ma).

Variabes físicas, químicas y bacteriológicas. En cada sitio de muestreo se determinaron in situ la temperatura del agua (°C) y la conductividad eléctrica (μS/cm) con un equipo multi-parámetro portátil marca SCHOTT Handylab multi12/Set. Así mismo, se determinó la velocidad de la corriente y el caudal de acuerdo a la metodología propuesta por 17. En el laboratorio de Servicios de Extensión en Análisis Químico LASEREX (Universidad del Tolima) se evaluaron los siguientes parámetros: pH (Unidades de pH), Conductividad Eléctrica (μS/cm), Oxígeno Disuelto (mgO₂/L), Porcentaje de Saturación de Oxígeno (% SAT.O₂), Turbiedad (UNT), Alcalinidad Total y Dureza (mgCaCO₃/L), Cloruros (mg Cl/L), Nitratos (mgNO₃/L), Fosfatos (mg PO₄/L), Fósforo total (mgP/L), Sólidos suspendidos y Sólidos Totales (mg/L), DBO₅ y DQO (mgO₂/L) y parámetros bacteriológicos como E. coli fecal y Coliformes totales.

Análisis de datos. Se determinó espacialmente la abundancia para cada taxón utilizando matrices de densidad (n/m²) y se calcularon los índices de riqueza de Margalef (Mgf) y diversidad de Shannon-Wiener (H') con el paquete estadístico PastProgram, versión 2.13 ® (18), para comparar la diversidad entre tramos, muestreo y sustrato (roca, grava, arena, hojarasca). Para explorar las relaciones entre sitios y el ensamblaje de los géneros de Baetidae en los sustratos (arena, grava/guijarro, roca, hojarasca) se realizó un análisis de agrupamiento con la prueba de similitud no paramétrica ANOSIM, y para determinar diferencias en la composición de los géneros de Baetidae entre sitios y sustratos se realizó la prueba de ordenación NMDS; empleando el programa PastProgram, versión 2.13 ® (18) y PRIMER 6 (19), respectivamente. Así mismo se realizó un Análisis de

Correspondencia Canónica para determinar las relaciones entre variables ambientales y los respectivos componentes bióticos, con el programa CANOCO versión 4.5 (20). Para este análisis se requirió transformar los datos de las variables fisicoquímicas (excepto pH) utilizando log n+1, y los de la matriz de los taxones a partir de la raíz cuadrada (x).

RESULTADOS

Se colectaron 1171 organismos distribuidos en ocho géneros *Americabaetis* (12,28%), *Baetodes* (46,28%), *Camelobaetidius* (15,18%), *Cloeodes* (1,03%), *Guajirolo* (22,62%), *Nanomis* (0,87%), *Paracloeodes* (1,65%) y *Varipes* (0,09%). Del total de organismos colectados en el estudio la mayor abundancia se registró en el periodo de baja precipitación (93,49%), mientras que en el segundo periodo, correspondiente a la época de alta precipitación la abundancia disminuyó drásticamente (6,51%) (Tabla 2). Respecto a los géneros colectados, se encontró que *Baetodes* fue el más abundante en ambas épocas de estudio, contrario a lo anterior *Varipes* y *Paracloeodes* solo se registraron en el segundo periodo de muestreo.

A nivel espacial se encontró que las estaciones E1 y E2 presentaron la mayor densidad, mientras que E8 registró el valor más bajo (Figura 2). Con relación a los sustratos evaluados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (ANOSIM, R = 0,02138; P > 0,05) (Figura 3). En cuanto a la preferencia de sustratos se encontró que roca registró la mayor densidad de organismos, mientras que el sustrato arena registró los valores más bajos (Tabla 3). Cabe resaltar que de los ocho (8) géneros registrados en la cuenca, cuatro (*Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Cloeodes*, *Guajirolo*) se colectaron en todos los sustratos; dos (*Americabaetis* y *Paracloeodes*) se colectaron en 3 sustratos (grava/guijarro-hojarasca-roca y arena-hojarasca-roca respectivamente), uno (*Nanomis*) se colectó en 2 sustratos (grava/guijarro-roca) y uno (*Varipes*) se colectó en el sustrato roca.

En cuanto a la diversidad se encontró que en el primer periodo de estudio los valores más altos se encontraron en las estaciones E3 sustrato grava (H= 1,38) y E2 sustrato roca (H= 1,13), mientras que para el segundo periodo de estudio los valores más altos se registraron en las estaciones E1 y E6 sustrato roca (H= 1,47 y H=1,10 respectivamente). Para el primer periodo de estudio la mayor riqueza de Margalef se registró en las estaciones

Tabla 2. Densidad y distribución temporal de los géneros de Baetidae colectados durante Junio y Septiembre de 2012.

Genero	M1		M2	
	Densidad (n/m ²)	% Densidad	Densidad (n/m ²)	% Densidad
<i>Americabaetis</i>	1355,56	11,41	103,70	0,87
<i>Baetodes</i>	5288,89	44,50	211,11	1,78
<i>Camelobaetidius</i>	1711,11	14,40	92,59	0,78
<i>Cloeodes</i>	44,44	0,37	77,78	0,65
<i>Guajirolus</i>	2655,56	22,34	33,33	0,28
<i>Nanomis</i>	55,56	0,47	48,15	0,41
<i>Paracloeodes</i>	0,00	0,00	196,30	1,65
<i>Varipes</i>	0,00	0,00	11,11	0,09
Total	11111,11	93,49	774,07	6,51

M1 = Junio, periodo de baja precipitación; M2 = Septiembre, periodo de alta precipitación.

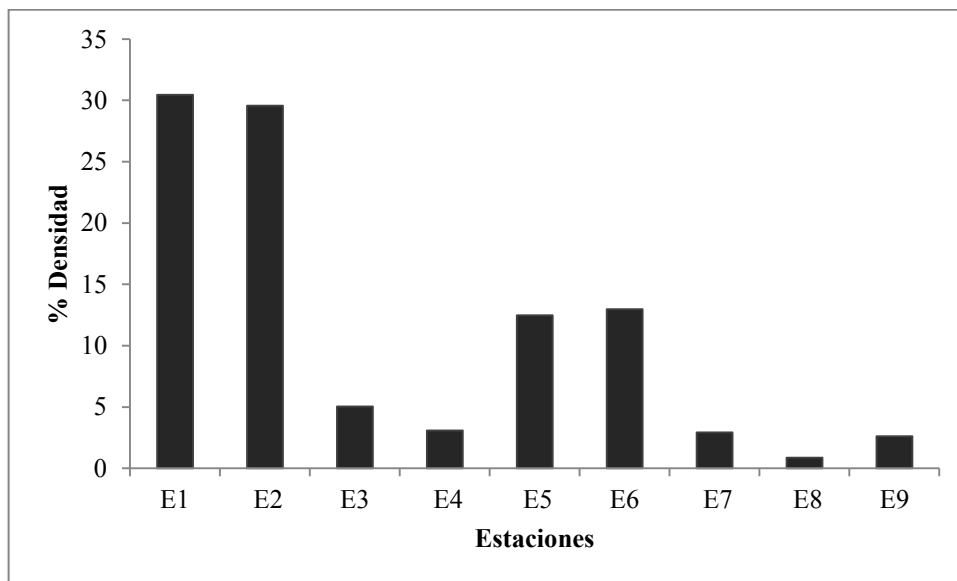


Figura 2. Porcentaje de densidad de los géneros de la familia Baetidae en las estaciones evaluadas durante el periodo de estudio.

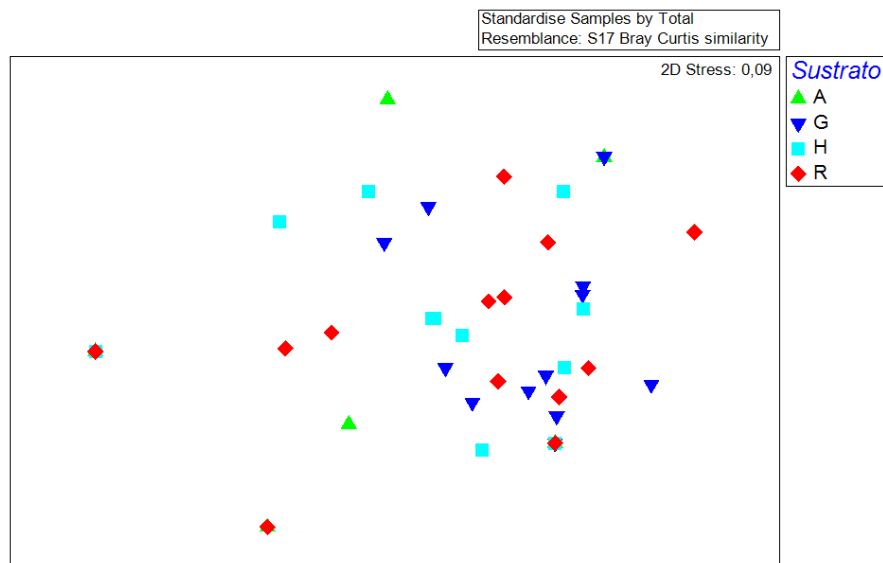


Figura 3. Diagrama de ordenación NMDS a escala de sustrato basado en las abundancias de los géneros de la familia Baetidae registrados en el periodo de estudio.

Tabla 3. Porcentaje de la densidad de género de la familia Baetidae en los sustratos evaluados.

	% Arena	% Grava/ Guijarro	%Hojarasca	% Roca
<i>Americabaetis</i>	0,00	16,75	62,44	20,81
<i>Baetodes</i>	1,21	23,50	30,10	45,19
<i>Camelobaetidius</i>	1,44	26,49	19,71	52,36
<i>Cloeodes</i>	18,18	36,36	9,09	36,36
<i>Guajirolus</i>	0,41	24,38	31,40	43,80
<i>Nanomis</i>	0,00	35,71	0,00	64,29
<i>Paracloeodes</i>	43,40	0,00	5,66	50,94
<i>Varipes</i>	0,00	0,00	0,00	100,00

E3 sustrato grava (D= 0,60) y E1 sustrato roca (D= 0,47), mientras que para el segundo periodo de estudio los valores más altos se encontraron en las estación E1 sustrato roca y arena (D= 0,97 y D= 0,65 respectivamente) (Figura 4).

Con respecto a las variables fisicoquímicas y ambientales, el análisis de correspondencia canónica (ACC) explicó el 49% de la varianza de los datos en los dos primeros ejes. De acuerdo al análisis de ordenación ACC se puede deducir que organismos como *Baetodes*, *Guajirolus*, *Cloeodes* y *Americabaetis* prefieren corrientes con niveles altos de alcalinidad, dureza, conductividad eléctrica, sólidos totales, pH, caudal, temperatura del agua, cloruros y fosfatos, variables que parecen ser características propias de las estaciones E1, E2 y E3, y además también se infiere que no frecuentan aguas con

valores altos de nitratos o DQO. A diferencia de lo anterior los géneros *Varipes* y *Nanomis* no se relacionan directamente con ninguna variable (Figura 5).

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en el presente estudio, a nivel de géneros de la familia Baetidae en la cuenca del río Alvarado coinciden con lo registrado por Vásquez y Reinoso (21) para esta cuenca, en donde el género *Baetodes* registró la mayor cantidad de individuos. A pesar que la mayoría de organismos de la familia Baetidae pueden desarrollarse en diferentes sustratos como roca, arena, barro entre otros (4), en el río Alvarado se registró la mayor cantidad de individuos en el sustrato roca. Esto se relaciona quizás porque la mayoría de ninfas son raspadoras o recolectoras de detritus (4), sien-

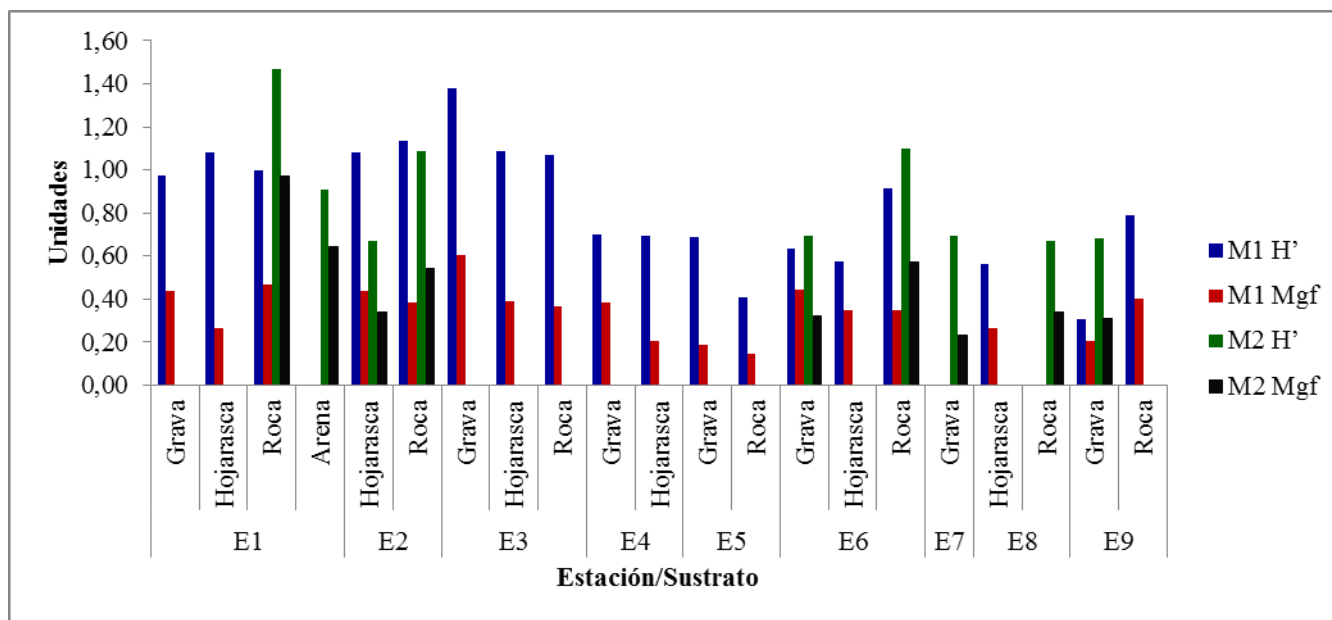


Figura 4. Valores de diversidad y riqueza de Margalef de los géneros de la familia Baetidae registrados en sustratos encontrados en las estaciones de muestreo, durante dos periodos de estudio. Índices: Mgf = Margalef, H' =Shannon-Wiener.

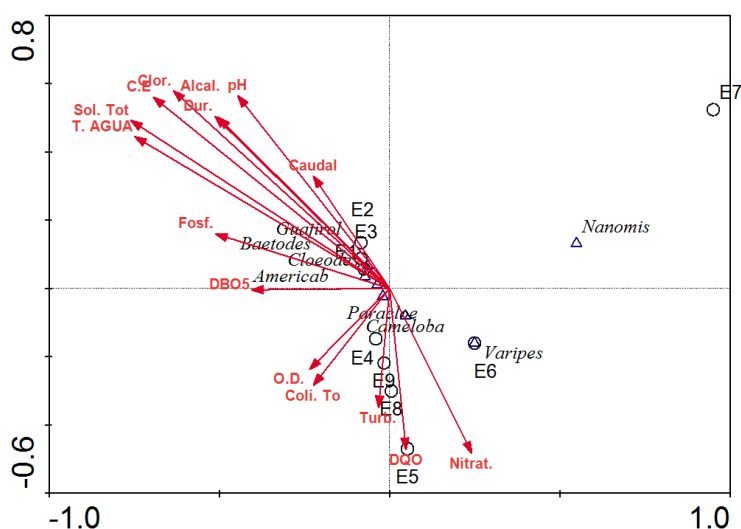


Figura 5. Diagrama de ordenación de la comunidad de la familia Baetidae en durante los dos periodo de estudio, con relación a las variables fisicoquímicas y las estaciones evaluadas.

do este sustrato preferido porque puede ofertarle una fuente de alimento particular. Buss y Salles (8) afirman que los géneros como *Baetodes*, *Camelobaetidius* y *Americabaetis* son abundantes en el sustrato roca, ya que poseen adaptaciones morfológicas para resistir la presión hidráulica tales como presencia de tubérculos en el abdomen y reducción del filamento medio para el caso de *Baetodes*; uñas espatuladas para *Camelobaetidius* y patas robustas y uñas con numerosos denticulos para *Americabaetis*, *Varipes*, *Paracloedes*, *Nanomis* y *Gujjirolus*. Contrario a lo anterior *Cloeodes* no presenta características morfológicas para resistir la corriente de agua rápida y colonizar el sustrato roca ya que tienen

piernas estrechas y garras sin denticulos (8; 14).

Para la evaluación de la fauna de efemerópteros respecto a la temporalidad, 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 organismos. Se registró la mayor abundancia durante el primer muestreo, correspondiente a la época histórica de bajas precipitaciones (junio), situación que quizás esté relacionada con la mayor estabilidad y disponibilidad de hábitat, facilitando los procesos de colonización de sustratos

(22). Es importante mencionar que durante el período de estudio (junio – septiembre) se prologo el verano hasta la época de transición a lluvias y lluvias (agosto a septiembre de 2012), disminuyendo drásticamente el caudal y la velocidad de la corriente, lo cual influyo en la baja abundancia de baetidos, pues estas variables son factores estructuradores de los macroinvertebrados en ríos tropicales de zonas bajas (24), además la mayoría de géneros de la familia Baetidae, tienen preferencia por los hábitats que se encuentran en el flujo rápido de la corriente y caudales moderados a rápidos (22, 16), ya que presentan altas concentraciones de oxígeno disuelto y son más ricos en nutrientes (22).

A nivel espacial las estaciones E1 y E2 registraron la mayor cantidad de organismos. Estas dos estaciones a pesar de localizarse en la parte más baja de la cuenca, cerca de la desembocadura donde se produce deterioro en la calidad de las aguas producto de los múltiples efluentes recibidos (24), tiene aguas arriba pequeñas quebradas tributarias que les aportan su biota, nutrientes y un volumen importante de agua de buena calidad, lo cual posiblemente favorece el establecimiento y colonización de la fauna béntica. Contrario a lo anterior, la estación E8 registro la menor cantidad de organismos, tramo en el cual se evidencio una alta intervención antrópica (extracción de arena, descargas domésticas) y que posiblemente influyo sobre la abundancia, diversidad y riqueza de baetidos, fauna que pueden verse afectada de manera importante a medida que recibe las descargas de desechos de diferente orden (1, 24).

Con respecto a la preferencia de sustratos, los baetidos poseen adaptaciones a los diferentes hábitats de los cuerpos de agua (13). En el presente estudio el sustrato roca registro la mayor cantidad de géneros colectados, asociados a flujos de corrientes rápidas y con una buena oferta de alimento. La alta densidad y riqueza de fauna béntica esta generalmente relacionada con el flujo rápido superficial sobre tramos rápidos y rocosos (25, 21). Contrario a lo anterior el sustrato arena registro una densidad limitada de organismos. Generalmente este sustrato es inestable y presenta una baja disponibilidad de materia orgánica que puede en parte conducir a una baja diversidad y riqueza de individuos (26).

La riqueza de invertebrados en las corrientes es estructurada puntualmente por eventos históricos y por las condiciones físicas y químicas únicas de cada lugar (27). En el presente estudio los valores más altos de riqueza y diversidad para los dos periodos evaluados se encon-

traron en las estaciones E1, E2 y E3, particularmente en los sustratos roca y grava, los cuales son preferidos por la mayoría de los efemerópteros (22; 8). Es de relevar que la degradación ecológica de los ecosistemas loticos ocasionada por efectos antropogénicos (canalización, riego, embalses, entre otros) conduce por lo general a deficiencias o pérdida completa de las características de las estructuras naturales, creando uniformidad del medio ambiente y por lo tanto afecta significativamente la diversidad y abundancia de organismos como los efemerópteros (28). La cuenca del río Alvarado desde su nacimiento registra una fuerte intervención antropogénica, evidenciándose en los bajos valores de riqueza y diversidad de estos organismos en algunas de las estaciones de estudio.

Las variables ambientales pueden influir en la abundancia, riqueza, diversidad y distribución de los organismos de la familia Baetidae, por lo tanto cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará directa o indirectamente en las estructuras de las comunidades que allí habitan (29). En el presente estudio se encontró a los géneros *Baetodes*, *Guajirolus*, *Cloeodes* y *Americabaetis* asociados a variables fisicoquímicas relacionadas con procesos de mineralización (24) y caudal, que pueden ser característica propia de las estaciones, pues registró una alta diversidad y riqueza de organismos. A diferencia de lo anterior los géneros *Varipes* y *Nanomis* no se relacionan directamente con ninguna variable ambiental por lo que su presencia puede estar relacionada a otras características como tipo de sustrato (21).

CONCLUSIONES

El presente estudio mostro que la distribución y abundancia la familia Baetidae depende de variables ambientales y tipo de sustrato que determina la composición del hábitat y la estructura mesohabitat (28). La presencia de estos organismos se puede relacionar con las adaptaciones para vivir bajo las condiciones especiales del hábitat en donde se refiere a la calidad y cantidad de la materia orgánica y la estabilidad del sustrato, determinada por la corriente agua (30). El presente estudio mostro como los tributarios permiten mejorar las condiciones ecológicas a lo largo del río Alvarado, evidenciándose en la abundancia y diversidad de los organismos, pues en las estaciones en donde nace el río en la ciudad de Ibagué los efectos de las descargas se reflejaron en la relación negativa de la fauna con las variables ambientales, así como en la oferta y disponibilidad de colonización del sustrato para algunos de los géneros encontrados. Esto

demuestra que en la región neotropical es necesario recopilar información taxonómica generada por muestras de múltiples hábitats para determinar posibles patrones de distribución de la fauna de macroinvertebrados acuáticos (Vásquez y reinoso 2012), así mismo obtener resultados más finos de una familia amplia el conocimiento taxonómico y ecológico, convirtiéndose en una herramienta eficaz para la evaluación de los ecosistemas acuáticos.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el soporte financiero al Comité Central de Investigaciones y al Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima. La primera autora agradece COLCIENCIAS por la beca 525-2011 del programa “Jóvenes Investigadores e Innovadores Virginia Gutiérrez de Pineda”. Expresamos agradecimiento especial al biólogo Jesús Manuel Vásquez, investigador del Grupo de Investigación en zoología por su apoyo en campo y asesoría en la parte estadística. También a Jonathan Gordillo, Leonardo Lozano, Edison Duarte y Laura Rojas, por su inmenso apoyo en campo y laboratorio. Contribución # 427 del Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima

BIBLIOGRAFÍA

1. Roldán, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad Antioquia. Medellín, Colombia. 2003; 170p.
2. Rosenberg, D. M.; King, R. S. y Resh, V. H. “Use of aquatic insects in biomonitoring”. En: R. W. Merritt, M. B. Berg y Cummins, K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* 2008; 123-137. Cuarta edición. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque-Iowa.
3. Prat, N.; Ríos, B.; Acosta, R. y Rieradevall, M. “Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas”. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericano: sistemática y biología* 2009; 631-654. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.
4. Springer, M. Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical* 2010; 58 (4):53- 59.
5. Salles, F. F.; Da-Silva, E. R.; Serrao, J. E. y Francischetti, C. N. Baetidae (Ephemeroptera) from Southeastern Brazil: New records and key to nymph genera. *Neotropical Entomology* 2004; 33(6): 725–735.
6. Zúñiga, M. Del C. y Rojas De Hernández, A. Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*. 1995; 20 (2): 124-130.
7. Goulart, M. y Castillo, M. Mayfly diversity in the Brazilian tropical Headwaters of serra do Cipó. *Brazilian archives of biology and technology*. 2005; 48 (6): 983-996.
8. Buss, D. F. y Salles, F. F. Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian River Basin. *Environmental Monitoring Assessment*. 2007; 130: 365-372.
9. Salles, F. F. Uso da família Baetidae (Ephemeroptera) como bioindicador no Brasil. *Memorias congreso 38° Congreso Socolen*. 2011.
10. CORTOLIMA. 2009. Plan de ordenación y manejo de la Cuenca hidrográfica mayor del río Totare, convenio CORTOLIMA, CORPOICA, SENA y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. Consultado Marzo 4 de 2011, en: <http://www.cortolima.gov.co/contenido/fase-ii-diagnostico-totare>.
11. Reinoso, G. 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 de Biología. 2001.
12. Fernández, H. R. y Domínguez, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán - Argentina. 2001.
13. Zúñiga, M. C., Molineri, C.; Domínguez, E. El orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. En: *Insectos de Colombia*. 2004; 3. p.17-42.
14. Domínguez, E.; Molineri, C.; Pescador M.; Hubbard, M.; Nieto, C. Ephemeroptera of south America. In: Adis, J.; Arias, J.R.; Rueda Delgado, G.; Wantzen, K.M: (Eds): *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. 2006; Vol.2. Pensoft, Sofia-Bulgaria.
15. Waltz, R. D. Y Burian, S. K. Ephemeroptera. En: R. W. Merritt, M. B. Berg y Cummins, K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* 2008; (181-236). Cuarta edición. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque- Iowa. 1158p.

16. Domínguez, E.; Molineri, C.; Nieto, C. Ephemeroptera. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos sudamericano: sistematica y biología 2009*; (55-94). Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.
17. Elosegí, A.; Sabater, S. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. 2009.
18. Hammer Ø.; Harper D. A. T.; Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 2001; 4 (1):1-9.
19. PRIMER-E, L. PRIMER 6. Plymouth: PRIMER-E Ltd. 2006.
20. Braak, C.; Ter J. F.; Smilauer, P. Canoco. Wageningen: BiometrisPlant Research International. 2009.
21. Vásquez, J.M.; Reinoso, G. Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología* 2012; 38 (2): 351-358.
22. Baptista, D. F.; Buss, D.; Dorvillé L.; Nessimian, J. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 2000; 61 (2): 295-304.
23. Vásquez, J.; Guevara, G.; G. Reinoso. En prensa. 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*.
24. Ramírez, A. y Viña, G. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadística de análisis*. Bogotá. Fundación universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 1998.
25. Boyero, L.; Bosch, J. The effect of riffle-scale environmental variability on macroinvertebrate assemblages in a tropical stream. *Hydrobiologia* 2004; 524: 125-132.
26. Hawkins, CP. Substrate associations and longitudinal distributions in species of Ephemerellidae (Ephemeroptera: Insecta) from western Oregon. *Freshwater Invertebrate Biology* 1984; 3(4):181-88
27. Vinson, M.; Hawkins, C. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. *Annual Review of Entomology* 1998; 43: 271-293.
28. Bauernfeind, E.; Moog, O. Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity : a methodological approach. *Hydrobiologia* 2000; 422/423: 71-83.
29. Roldán, G.; Ramírez, J.J. *Fundamentos de Limnología Neotropical* .Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellin. 2008; 440p.
30. Logan P, Brooker, MP. The macroinvertebrate faunas of riffles and pools. *Water Resour.* 1983; 17:263-70