

## Diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con Bromeliaceae en una zona de bosque pluvial tropical, Chocó, Colombia

### Diversity of aquatic macroinvertebrates associated to Bromeliaceae in a tropical rain forest, Chocó, Colombia

Zuleyma Mosquera-Murillo\*, María Ángela Gómez\*, Maira Beatriz González\*

#### Resumen

**Objetivo:** Se estudió la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con los depósitos de agua en *Werauhia gladioliflora* (H. Wendl.) J. R. Grant (Bromeliaceae), en una zona de bosque pluvial tropical (Atrato, Chocó). **Metodología:** Durante un mes y con periodicidad semanal se tomaron ocho bromelias por muestreo, para un total de 32 estudiadas. La extracción del agua retenida en las bromelias y de los invertebrados acuáticos presentes se hizo por succión con una manguera y para establecer el tamaño y la capacidad de retención de agua de cada bromelia se les registraron algunas características morfométricas. **Resultados:** La comunidad estuvo compuesta por tres órdenes, 11 familias y 18 géneros. El orden más abundante fue Diptera (87,4%), sobresaliendo la familia Culicidae por su abundancia (59,4%) y riqueza taxonómica (cinco géneros). El índice de diversidad varió entre 1,15 y 1,93 bits/ind y la dominancia fue relativamente alta (0,66). Los grupos funcionales más abundantes fueron los colectores-filtradores y los colectores-fragmentadores. Según el análisis de correlación lineal simple, el número de hojas de las bromelias se correlacionó con la abundancia de macroinvertebrados ( $r=0,9626$ ;  $p=0,0374$ ), mientras que la diversidad lo hizo con el contenido de agua de la bromelia ( $r=0,9321$ ;  $p=0,0479$ ). **Conclusión:** El número de hojas y el contenido de agua de la bromelia fueron las variables más importantes, que afectaron la abundancia y diversidad de macroinvertebrados en ellas. Los grupos funcional encontrados, evidencian la capacidad que tienen estos microambientes de promover el desarrollo de una diversidad de redes alimentarias acuáticas en los bosques neotropicales, como resultado de la amplia gama de condiciones ecológicas que presentan.

**Palabras clave:** Chocó, Invertebrados acuáticos, *Werauhia gladioliflora*.

#### Abstract

**Objective:** The community of aquatic macroinvertebrates associated with water tanks in *Werauhia gladioliflora* (H. Wendl.) J. R. Grant (Bromeliaceae) in a Tropical Rain Forest area (Atrato, Chocó) was studied. **Methodology:** For a month and 8 bromeliads weekly sample were taken for a total of 32 studied. The extraction of water retained in bromeliads and aquatic invertebrates became a suction hose and to set the size and the water holding capacity of each bromeliads some morphometric characteristics were recorded. **Results:** The community consisted of three orders, 11 families and 18 genera. The order Diptera was the most abundant, with 87.4% of the individuals, excelling the Culicidae family for their abundance (59.4%) and taxonomic richness (5 genera). The diversity index varied between 1.15 and 1.93 bits/ind, and the dominance was relatively high (0.66). The most abundant functional groups were filtering-collectors and collectors-shredders. According to a simple linear correlation analysis the number of leaves of bromeliads is correlated with the abundance of macroinvertebrates ( $r=0.9626$ ,  $p=0.0374$ ), while diversity did with the water content ( $r=0.9321$ ,  $p=0.0479$ ). **Conclusions:** The number of leaves and the water content of the bromeliad were the most important variables that affect the abundance and diversity of macroinvertebrates in them. The functional groups found, evidence of the ability of these microenvironments to promote the development of a variety of aquatic food webs in Neotropical forests, as a result of the wide range of ecological conditions present.

**Keywords:** Aquatic invertebrates, Chocó, *Werauhia gladioliflora*.

\* Grupo de Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia.  
e-mail: zuleymamosquera@gmail.com

Fecha recepción: Febrero 8, 2016 Fecha aprobación: Mayo 11, 2016 Editor Asociado: Neita-Moreno J

## Introducción

La biomasa del dosel de los bosques tropicales está constituida en gran parte por las epífitas vasculares (Benzing 1990), expandiendo así la variedad de microhábitats existentes (Stuntz *et al.* 2002). Uno de los grupos de epífitas vasculares más importantes en cuanto a abundancia y diversidad es la familia Bromeliaceae (bromelias), con aproximadamente 60 géneros representados por cerca de 2,900 especies de las cuales la gran mayoría están restringidas a los bosques neotropicales (Jabiol *et al.* 2009, Wittman 2000).

La disposición en forma de roseta de las hojas de muchas especies de bromelias hace que se forme un tanque que almacena agua y detritus (Wittman 2000), lo cual les permite mantener reservas de agua durante todo el año, por lo que pueden sostener cadenas tróficas complejas que involucran varios tipos de organismos, como bacterias, algas, musgos, otras plantas vasculares, protozoos, hongos, invertebrados y algunos vertebrados (Laessle 1961, Reitz 1983), por lo que sirven para desarrollo de una o varias comunidades de organismos asociados como las distintas especies de macroinvertebrados (Fish 1983, Greeney 2001). De esta asociación biótica, las bromelias se benefician porque pueden asimilar nutrientes que provienen de la descomposición de la hojarasca acumulada o de la muerte de los organismos asociados (Benzing y Burt 1970, Benzing 1973, 1980, Burt y Utley 1975), mientras que los animales asociados usan la planta como refugio y el detritus acumulado les sirve como fuente de nutrientes (Laessle 1961, Benzing 1990). Estas sirven como un claro ejemplo de plantas con alta complejidad estructural y persistencia de hábitat que sustentan comunidades complejas de insectos acuáticos, sobre todo mosquitos (Diptera, Culicidae) (Liria 2007).

La cantidad de agua y hojarasca que intercepta la bromelia varía con la forma y el tamaño de la planta; así, a mayor tamaño de la roseta mayor es la capacidad para recibir el agua proveniente de la lluvia y la hojarasca del dosel (Benzing 1990, Richardson 1999, Zotz y Vera 1999, Ospina-Bautista *et al.* 2004). Lo anterior implica más espacio para colonización y recursos más diversos (Lawton 1986, Yanoviak 2001) esto influye en la abundancia, riqueza y diversidad de invertebrados asociados con las bromelias (Richardson 1999, Yanoviak 1999 a, b).

En Colombia se destacan los trabajos de Ospina-Bautista *et al.* (2004) quienes estudiaron la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con *Tillandsia tuneri* (Bromeliaceae) en un bosque alto andino colombiano (Cundinamarca) y Ospina *et al.* (2008) quienes estudiaron la diversidad de invertebrados acuáticos asociados con bromelias en un bosque de montaña, en Cundinamarca (Colombia). En zonas de bosques tropicales no existen trabajos publicados que den a conocer la fauna asociada con este tipo de microambientes.

Este trabajo busca determinar la composición y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con la especie de bromelia *Werauhia gladioliflora*, además de dar a conocer algunos aspectos de ecología trófica de esta comunidad y analizar variables morfológicas y morfométricas (número de hojas, diámetro de la roseta, altura de la bromelia) y contenido de agua de la bromelia y su relación con la abundancia y diversidad de la comunidad presente en la misma.

## Metodología

**Área de estudio.** El trabajo se desarrolló en una zona de bosque pluvial tropical, ubicada en el municipio de Yuto (Atrato, Colombia), situado en la margen derecha del río Atrato (5°32'60"N, 76°26'65" W), con una altitud de 32 msnm y una extensión total de 725 km<sup>2</sup>. Esta zona está compuesta por un bosque nativo y abundante, con una presencia significativa de bromelias, donde la vegetación predominante es la de bosque húmedo tropical (bh-T) que se encuentra en la mayor parte del territorio que baña el río Atrato y en las partes altas hay gran variedad de bosques montañosos (IIAP 2006).

El clima es húmedo, de selva tropical, con una precipitación anual promedio es de 8000 mm, humedad relativa entre 82% y 89% y una temperatura promedio de 27°C (Córdoba y Mena 2001). El territorio presenta un relieve ondulado, presentando sectores quebrados, los cuales denotan un proceso de erosión fuerte y generalizada (Arango y Saldarriaga 1997).

**Trabajo de campo.** Para la realización de esta investigación se realizaron cuatro muestreos semanales en una zona boscosa del corregimiento de Yuto (municipio de Atrato), en un área aproximada de 200

m<sup>2</sup>. Las bromelias se tomaron a una altura entre 0 y 5 metros aproximadamente, usando como criterio de selección que se tratara de plantas adultas. En cada muestreo se tomaron 8 bromelias para un total de 32.

Para conocer la composición y diversidad de los macroinvertebrados asociados con bromelias se realizó una inspección inicial de la misma para separar los invertebrados de mayor tamaño, para luego extraer el agua retenida en las bromelias y de los invertebrados presentes por succión con una manguera (Ingunza 1995). Este método tiene como ventaja, que la misma bromelia pueda ser muestreada nuevamente. Luego el agua contenida en la roseta de la bromelias se depositó en bolsas plásticas transparentes debidamente etiquetadas para ser transportadas al Laboratorio de Limnología de la Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia. En el laboratorio se hizo la separación de los invertebrados de menor tamaño presentes en el agua con ayuda del estéreo microscopio marca ZEISS y se conservaron en frascos con alcohol etílico al 70%. La identificación taxonómica de los macroinvertebrados se realizó hasta el máximo nivel de resolución taxonómica posible, con la ayuda de las claves taxonómicas de Merritt y Cummins (1996), Fernández y Domínguez (2001), Domínguez y Fernández (2009). Los macroinvertebrados acuáticos colectados en los muestreos, se asignaron a grupos tróficos con base en la clasificación propuesta por Merritt y Cummins (1996) y los trabajos de Chará *et al.* (2012) y Rivera *et al.* (2013).

Para establecer el tamaño y la capacidad de retención de agua de cada bromelia se registraron algunas características morfométricas de las plantas, como el número de hojas, diámetro de la roseta y la altura de la planta. La cantidad de agua contenida en cada bromelia se midió con un *beaker* volumétrico.

**Análisis de datos.** La composición de la comunidad de macroinvertebrados asociados con *W. gladioliflora* se analizó mediante matrices de Excel. Para el cálculo de la diversidad se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver y el índice de dominancia de Simpson, utilizando el número de individuos de los taxones de macroinvertebrados presentes en cada planta y se estableció la abundancia relativa de invertebrados. Se utilizó un análisis de correlación lineal simple para establecer si existe relación entre las variables morfométricas, cantidad

de agua de la bromelia, diversidad y abundancia de insectos acuáticos.

## Resultados

**Composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos.** Se colectó un total de 342 individuos correspondientes a tres órdenes, 11 familias y 18 géneros de insectos acuáticos (Tabla 1). El orden Diptera fue el más diverso con 12 géneros y el más abundante (87,4%), seguido de Coleoptera, con cinco géneros y 12,3% de los individuos. Los géneros más representativos fueron *Wyeomyia* (47,7%) perteneciente a la familia Culicidae, seguido de *Ablabesmyia* (20,8%) de la familia Chironomidae. Los demás géneros presentaron abundancia por debajo del 10%. La diversidad durante el estudio presentó rangos entre 1,15 y 1,9 con un promedio de  $1,47 \pm 0,35$ , mientras que los de dominancia estuvieron entre 0,53 y 0,83, con un promedio de  $0,66 \pm 0,14$ .

**Grupos funcionales de macroinvertebrados acuáticos.** Los grupos funcionales encontrados en las bromelias fueron colectores-filtradores, colector-detritivoro, colector-fragmentador y depredador. Los más abundantes fueron los colectores-filtradores, representados por las familias Culicidae y Chironomidae y los colectores-fragmentadores, con las familias Scirtidae y Tipulidae (Figura 1). El mayor número de géneros se registró en el grupo de los colectores-filtradores (*Wyeomyia*, *Phoniomyia*, *Limatus*, *Culex*, *Orthopodomyia*, *Ablabesmyia*, *Procladius*, *Orthocladius*) (Tabla 1).

**Características morfométricas, contenido de agua y comunidad de insectos acuáticos.** La Figura 2 muestra el comportamiento de las variables morfométricas y volumen de agua medidos a *W. gladioliflora*; el contenido de agua es la variable de mayor variación a lo largo del estudio, con un promedio de 53,6 ml; mientras que el número de hojas es la de menos variación, con un promedio de 14 hojas. El análisis de correlación simple, aplicado para evaluar la relación entre variables morfométricas y volumen de agua de la bromelia con la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, mostró la existencia de una relación entre el número de hojas de las bromelias y la abundancia de macroinvertebrados acuáticos ( $r=0,9626$ ;  $p=0,0374$ ), al igual que la

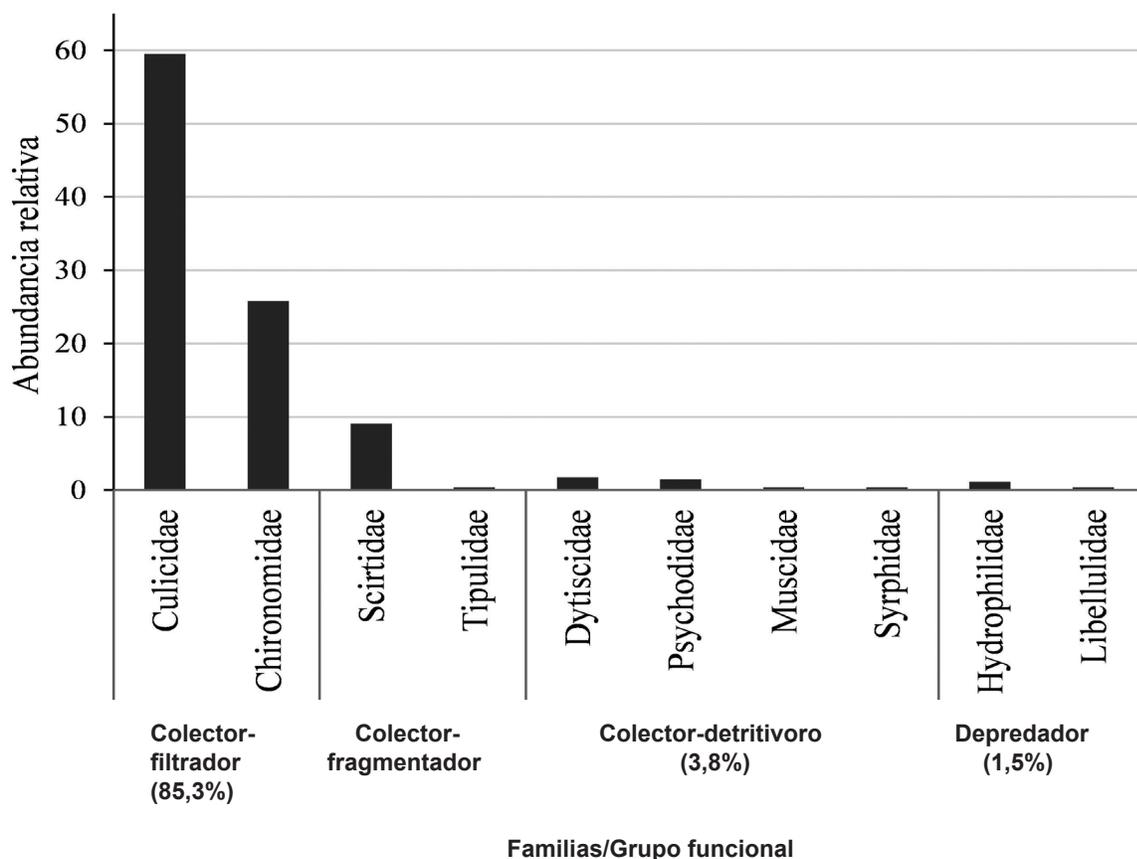


Figura 1. Abundancia relativa de familias y grupos funcionales presentes en las bromelias.

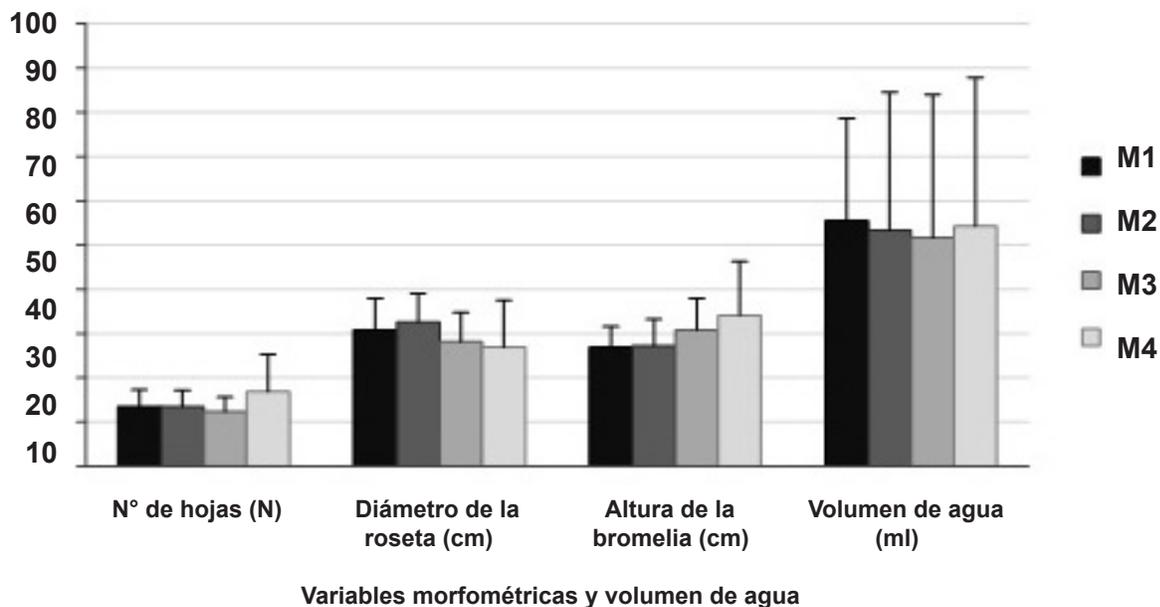


Figura 2. Valores promedio de tres variables morfométricas y volumen de agua de *W. gladioliflora* a lo largo de cuatro muestreos. Barras de error representan DE (n=8).

**Tabla 1.** Abundancia total y relativa de macroinvertebrados acuáticos asociados con bromelias en una zona de bosque pluvial tropical

Orden	Familia	Género	Total	%	Grupo funcional
Diptera	Culicidae	<i>Wyeomyia</i>	163	47,7	Cf
		<i>Phoniomyia</i>	20	5,9	Cf
		<i>Limatus</i>	5	1,5	Cf
		<i>Culex</i>	1	0,3	Cf
		<i>Orthopodomyia</i>	14	4,1	Cf
	Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i>	71	20,8	Cf
		<i>Procladius</i>	14	4,1	Cf
		<i>Orthocladius</i>	3	0,9	Cf
	Syrphidae	<i>Syritta</i>	1	0,3	Cd
	Tipulidae	<i>Pedicia</i>	1	0,3	Cfr
	Psychodidae	<i>Telmatoscopus</i>	5	1,5	Cd
	Muscidae	<i>Limnophora</i>	1	0,3	Cd
	Coleoptera	Scirtidae	<i>Scirtes</i>	31	9,1
Elateridae		<i>Pyrophorus</i>	1	0,3	ND
Dytiscidae		<i>Laccophilus</i>	6	1,8	Cd
Hydrophilidae		<i>Hydrophilus</i>	1	0,3	Pr
				3	0,9
Odonata	Libellulidae		1	0,3	Pr
3	11	18	342		

Cf: colector-filtrador Cd: colector-detritivoro Cfr: colector-fragmentador Pr: depredador ND: no definido

diversidad se correlacionó con el contenido de agua de las bromelias ( $r=0,9321$ ;  $p=0,0479$ ).

## Discusión

La composición taxonómica del presente estudio es similar a otros trabajos sobre macroinvertebrados acuáticos asociados con bromelias (Cotgreave *et al.* 1993, Armbruster *et al.* 2002, Ospina-Bautista *et al.* 2008, Liria 2007, Araújo *et al.* 2007, Jabiol *et al.* 2009) donde el orden Diptera fue el más abundante y diverso, representado en gran parte por la familia Culicidae, seguido por el orden Coleoptera.

La abundancia y riqueza taxonómica de larvas de dípteros, se puede atribuir a las adaptaciones morfológicas (sifones y espiráculos para la toma de oxígeno), alimenticias (la mayoría son colectores y filtradores de materia fina, muy abundante en fitotelmata como producto de la degradación de la hojarasca) y reproductivas (la oviposición en el hábitat donde se desarrollará la larva junto con su alta capacidad de dispersión dada por el vuelo) (Ospina-Bautista *et al.* 2004).

La presencia de dípteros de la familia Culicidae representada en su mayor parte por el género *Wyeomyia* como el grupo predominante de la comunidad en el presente estudio, los cuales son de gran importancia

epidemiológica, aumenta la importancia de los resultados, que se suma al interés estrictamente ecológico de este tipo de investigaciones en fitotelmata (Delgado y Machado-Allison 2006). Este género ha sido reportado como muy abundante en investigaciones previas con Diptera asociadas con bromelias (Machado-Allison *et al.* 1986, Delgado y Machado-Allison 2006, Azulim y Brisola 2007, Liria 2007, Goulart *et al.* 2009).

El orden Coleoptera es el segundo en abundancia, con el género *Scirtes* como el más destacado. La abundancia de este género se ha reportado en los trabajos de Richardson (1999) y Ospina-Bautista *et al.* (2004), y se explica porque los organismos de la familia Scirtidae se han adaptado a condiciones presentes en fitotelmata, por ser trituradores-herbívoros que se alimentan de la microflora asociada con la hojarasca que se acumula dentro de la bromelia; además, la presencia de agallas traqueales retráctiles les ayuda a obtener un suplemento auxiliar de oxígeno cuando la larva está sumergida (Merritt *et al.* 2008).

Los grupos funcionales que se reportan en este estudio coinciden parcialmente con los de otras investigaciones, como las de Ospina-Bautista *et al.* (2004), quienes reportan la presencia de una gran variedad de grupos funcionales en las comunidades de insectos

asociados con bromelias, la cual incluye tanto consumidores primarios como secundarios. La dominancia del grupo de los colectores-filtradores observada en las bromelias de este estudio, es resultado de la dominancia de los dípteros, quienes en su mayoría son colectores y filtradores de materia orgánica fina, alimento que es bastante abundante dentro de las fitotelmatas como producto de la fragmentación de la hojarasca (Merritt y Cummins 1984, Richardson y Hull 2000).

La relación observada entre el número de hojas y la abundancia de insectos acuáticos es atribuible a que el número de hojas es una medida de la complejidad estructural de la planta, porque indica el número de compartimentos disponibles para colonización y la heterogeneidad del microecosistema (Armbruster et al. 2002), que crea nuevos nichos para las especies (Young 2001) con el consecuente aumento en abundancia de individuos. La relación entre diversidad y el contenido de agua de la bromelia se explica porque entre mayor es la cantidad de agua, mayor es la cantidad de invertebrados asociados, porque se incrementan los microhábitats disponibles (Frank 1983, Armbruster et al. 2002); asimismo, el agua constituye un recurso importante para los organismos que utilizan las bromelias, ya sea temporal o permanente (Ospina-Bautista et al. 2008).

### Conclusión

Los resultados de este estudio arrojan nueva luz sobre la ecología de los ecosistemas de bromelias en zonas de bosque pluvial tropical mostrando una comunidad de macroinvertebrados dominada por el orden Diptera, específicamente por el género *Wyeomyia* de la familia Culicidae, siendo este orden el que registra la mayor riqueza taxonómica. El número de hojas y el contenido de agua de la bromelia fueron las variables más importantes, que afectaron la abundancia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos asociados con ellas, demostrando la importancia de la morfología de la bromelia sobre las comunidades que se desarrollan en ellas. Los grupos funcional encontrados, evidencian la capacidad que tienen estos microambientes de promover el desarrollo de una diversidad de redes alimentarias acuáticas en los bosques neotropicales, como resultado de la amplia gama de condiciones ecológicas que son capaces de abarcar.

### Literatura citada

- Arango MS, Saldarriaga MT. 1997. *Monografía del Chocó*. Quibdó: Editorial Autores Chocoanos; 220 pp.
- Araújo VA, Melo SK, Araújo AP, Gomes ML, Carneiro MA. 2007. Relationship between invertebrate fauna and bromeliad size. *Braz J Biol.* 67 (4): 611-7. doi: 10.1590/S1519-6984200700040000
- Armbruster P, Hutchinson RA, Cotgreave P. 2002. Factors influencing community structure in a South American tank bromeliad fauna. *Oikos.* 96: 225-34. doi: 10.1034/j.1600-0706.2002.960204.x
- Azulim G, Brisola C. 2007. Immature mosquitoes (Diptera: Culicidae) on the bromeliad *Nidularium innocentii* in ombrophilous dense forest of Santa Catarina Island, Florianópolis, Santa Catarina State, southern Brazil. *Biotemas.* 20 (2): 27-31.
- Benzing DH, Burt KM. 1970. Foliar permeability among twenty species of the Bromeliaceae. *Bull Torrey Bot Club.* 97: 269-79. doi: 10.2307/2483646
- Benzing DH. 1973. The monocotyledons: their evolution and comparative biology I. Mineral nutrition and related phenomena in Bromeliaceae and Orchidaceae. *Q Rev Biol.* 48: 277-90.
- Benzing DH. 1980. *The Biology of the bromeliads*. Eureka: Mad River Press; 304 pp.
- Benzing DH. 1990. Vascular epiphytes. In: *General biology and related biota*. Cambridge: University Press; 354 pp.
- Burt-Utley K, Utley JFF. 1975. Supplementary notes phytogeography, physiological ecology and the Costa Rican genera of Bromeliaceae. Pp. 9-29. En: Gómez LD (ed.). *Historia natural de Costa Rica*. Volumen I. San José: Departamento de Historia Natural, Museo Nacional de Costa Rica.
- Chará-Serna AM, Chará JD, Zúniga MdC, Pearson RG, Boyero L. 2012. Diets of leaf litter-associated invertebrates in three tropical streams. *Ann Limnol.* 48: 139-44. doi: 10.1051/limn/2012013
- Chaverri LG. 2009. Culicidae (mosquitos, zancudos). En: Brown BV, Borkent A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA (Eds). *Manual of Central America Diptera*. Volume 1. Ottawa: NRC Research Press; 714 pp.
- Córdoba VL, Mena G. 2001. *Inventario preliminar de la ictiofauna presente en la quebrada de Doña Josefa, sistema hídrico del Atrato*. Trabajo de grado para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Quibdó: Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó; 55 pp.
- Cotgreave P, Hill MJ, Middleton JA. 1993. The relationship between body size and population size in bromeliad tank fauna. *Biol J Linnean Soc.* 49: 367-80. doi: 10.1111/j.1095-8312.1993.tb00912.x
- Delgado L, Machado-Allison CE. 2006. La comunidad de insectos acuáticos asociados a *Alocasia macrorrhiza* en Venezuela. Composición de la fauna y aspectos de su historia natural. *Entomotropica.* 21 (2): 105-15.
- Domínguez E, Fernández HR. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo; 656 pp.

- Fernández HR, Domínguez E. 2001. *Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán; 82 pp.
- Fish D. 1983. Phytotelmata: Flora and fauna. En: Frank JH, Lounibos LP (eds.). *Phytotelmata: Terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities*. New Jersey: Plexus Publishing Inc; pp. 1-27.
- Frank JH. 1983. Bromeliad phytotelmata and their biota, especially mosquitos. In: Frank H, Lounibos PL (eds.). *Phytotelmata: terrestrial plants as hosts of aquatic insects communities*. New Jersey: Plexus Inc; pp. 101-28.
- Goulart M, César T, Fernández T, França ML, Lounibos LP, Lourenço-De-Oliveira R. 2009. Bromeliad-inhabiting mosquitoes in an urban botanical garden of dengue endemic Rio de Janeiro. Are bromeliads productive habitats for the invasive vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 104 (8): 1171-6. doi: 10.1590/S0074-02762009000800015
- Greeney H. 2001. The insects of plant-held waters: a review and bibliography. *J Trop Ecol*. 17: 241-60. doi: 10.1017/S026646740100116X
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. 2006. *Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de Atrato-Chocó*. Convenio BID-Plan Pacífico. Administración Municipal 2006-2015. Alcaldía Municipal del Atrato.
- Ingunza J. 1995. *Composición de especies y caracterización ecobiológica de mosquitos (Diptera: Culicidae) y otros insectos acuáticos de bromelias (Bromeliaceae) en la Sierra de San Luis y Cerro Santa Ana, Edo. Falcón*. Trabajo Especial de Grado. Caracas: Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela; 94 pp.
- Jabiol J, Corbara B, Dejean A, Céréghino R. 2009. Structure of aquatic insect communities in tank-bromeliads in an East-Amazonian rainforest in French Guiana. *Forest Ecol Manag*. 257: 351-60. doi: 10.1016/j.foreco.2008.09.010
- Laessle A. 1961. A micro-limnological study of Jamaican bromeliads. *Ecology*. 43 (3): 499-517. doi: 10.2307/1932236
- Lawton JH. 1986. Surface availability and insect community structure: the effects of architecture and fractal dimension of plants. En: Juniper BE, Southwood TRE (eds.). *Insects and the plant surface*. London: Edward Arnold; 360 pp.
- Liria J. 2007. Fauna fitotelmata en las bromelias *Aechmea fendleri* André y *Hohenbergia stellata* Schult del Parque Nacional San Esteban, Venezuela. *Rev Peruana Biol*. 14 (1): 33-8. doi: 0.15381/rpb.v14i1.1753
- Machado-Allison CE, Barrera R, Delgado L, Gómez-Cova C, Navarro JC. 1986. Mosquitos (Diptera-Culicidae) of the Phytotelmata in Panaquire, Venezuela. *Acta Biol Venezuelica*. 12 (2): 1-12.
- Merritt RW, Cummins KW. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa: Kendall/Hunt Dubuque; 722 pp.
- Merritt RW, Cummins KW. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Berkeley: University of California; 862 pp.
- Merritt RW, Cummins KW, Berg MB. 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Berkeley: University of California; 1158 pp.
- Ospina-Bautista F, Estévez V, Betancur J, Realpe E. 2004. Invertebrados acuáticos asociados a *Tillandsia turneri* Baker (Bromeliaceae) en un bosque altoandino (Cundinamarca, Colombia). *Acta Zool Mex*. 20 (1): 153-66.
- Ospina-Bautista F, Estévez-Varón JV, Realpe E, Gast F. 2008. Diversidad de invertebrados acuáticos asociados a Bromeliaceae en un bosque de montaña. *Rev Colomb Entomol*. 34 (2): 224-9.
- Reitz R. 1983. *Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. Flora ilustrada Catarinense*. Itajaí: Leme Editor; pp. 1-559.
- Richardson BA. 1999. The bromeliad microcosm and the assessment of fauna diversity in a Neotropical forest. *Biotropical*. 31: 321-36. doi: 10.1111/j.1744-7429.1999.tb00144.x
- Richardson BA, Hull GA. 2000. Insect colonization sequences in bracts of *Heliconia caribaea* in Puerto Rico. *Ecol Entomol*. 25: 460-6. doi: 10.1046/j.1365-2311.2000.00269.x
- Rivera JJ, Pinilla G, Camacho DL. 2013. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. *Acta Biol Colomb*. 18 (2): 279-92.
- Stuntz S, Ziegler C, Simon U, Zotz G. 2002. Diversity and structure of the arthropod fauna within three canopy epiphyte species in central Panama. *J Trop Ecol*. 18: 161-76. doi: 10.1017/S0266467402002110
- Wittman PK. 2000. The animal community associated with canopy bromeliads of the lowland Peruvian Amazon rain forest. *Selbyana*. 21 (1-2): 48-51.
- Yanoviak SP. 1999a. Community structure in water-Filler tree holes in Panama: effects of hole height and size. *Selbyana*. 20: 106-15.
- Yanoviak SP. 1999b. Effects of leaf litter species on macroinvertebrate community properties and mosquito yield in Neotropical tree hole microcosms. *Oecologia*. 120: 265-71. doi: 10.1111/j.1744-7429.2001.tb00161.x
- Yanoviak SP. 2001. The macrofauna of water-filled tree holes on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*. 33 (1): 110-20.
- Young K. 2001. Habitat diversity and species diversity: testing the competition hypothesis with juvenile salmonids. *Oikos*. 95: 87-93. doi: 10.1034/j.1600-0706.2001.950110.x
- Zotz G, Vera, T. 1999. How much water is in the tank? Model calculations for two epiphytic bromeliads. *Ann Bot*. 83: 183-92. doi: 10.1006/anbo.1998.0809