

Estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva y su relación con la estructura bentónica de la comunidad de insectos, en un tramo del río Santa María, provincia de Veraguas, República de Panamá.

Structure of drifting community aquatic insects and its relationship with the benthos aquatic insect community, in a section of the Santa Maria river, province of Veraguas, Panama.

Viterbo Rodríguez¹, Cristina Duarte²

¹Maestría en Biología con especialización en Entomología; Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en Coiba. Grupo de Investigación en Macroinvertebrados Dulceacuícolas de Panamá (GIMAD-PA); viterbor@gmail.com

²Licenciada en Biología con orientación en Biología Animal; Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en Coiba; Maxcilin20@gmail.com

Resumen: Con la finalidad de determinar la estructura numérica de la comunidad de insectos acuáticos derivantes y compararla con la estructura de la comunidad bentónica de insectos, en un tramo del río Santa María, se seleccionaron dos estaciones de muestreo, en las que se recolectaron insectos acuáticos derivantes y bentónicos. El índice de similitud de Jaccard mostró un valor de similitud entre la fracción de insectos acuáticos derivantes y bentónicos, en el tramo estudiado de $IJ = 75\%$. Esto indica que la mayor parte de los taxones se desplazan en la deriva y que la estructura numérica de la fracción derivante de los insectos acuáticos no es más que el reflejo de la estructura numérica de la comunidad bentónica de insectos acuáticos, lo que hace de la deriva, un fenómeno dependiente de la densidad.

Palabras clave: deriva, insectos acuáticos, bentos.

Abstract: In order to determine the numerical structure of the drifting aquatic insect community and compare it with the structure of the benthic insect community, in a segment of the Santa María river, two sampling stations were selected sampling, where drifting aquatic insects and benthonic insects were collected. The Jaccard similarity index showed a similarity value between the fraction of derivative aquatic insects and the benthic community of insects in the studied section of $IJ = 75\%$. This indicates that most of the taxa move in the drift and that the numerical structure of the fraction derived from aquatic insects is no more than a reflection of the numerical structure of the benthic community of aquatic insects, which makes of the drifting ones a density-dependent phenomenon.

Key words: drift, aquatic insects, benthos.

1. Introducción

Las comunidades de insectos acuáticos poseen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales que les permiten resistir las fuerzas de la corriente que tienden a desplazarlas río abajo. Sin embargo, Needham (1928) mientras estudiaba la importancia de los insectos como alimento de la trucha, notó que dichas comunidades entraban en la columna de agua y eran desplazadas río abajo. Este fenómeno conocido como “deriva de macroinvertebrados”, “transporte de materia orgánica viva” o simplemente “deriva” fue definida por Waters (1972) como el transporte de organismos mayores a 0,30 mm aguas abajo.

Waters (1962) descubrió la periodicidad de la deriva en zonas templadas, en las que el patrón de deriva exhibido por los organismos a lo largo de un ciclo diario muestra mayor intensidad durante la noche, posterior a la caída del sol y disminuye a su salida. Estudios en ríos tropicales han demostrado que la densidad de deriva y el aporte de biomasa de macroinvertebrados presentan una mayor magnitud durante la noche (Rodríguez-Barrios, Ospina-Torres, Gutiérrez y Ovalle, 2007; Aguirre-Pabón, Rodríguez-Barrios y Ospina-Torres, 2012). La hipótesis del “riesgo de depredación” afirma que, en presencia de depredadores diurnos, que se alimentan de la deriva (por ejemplo: peces), los invertebrados bentónicos, entre ellos los insectos son más activos durante la noche (Allan, 1995). Las evidencias que apoyan esta hipótesis en sistemas tropicales, muestran que la deriva aumenta durante las horas nocturnas solo en aquellos ecosistemas acuáticos en que los depredadores visuales como los peces, están presentes (Flecker, 1992, Ramírez y Pringle, 1998), observándose relación con lo que sucede en las zonas templadas. La periodicidad en la deriva presentada por algunos macroinvertebrados acuáticos y la particularidad de su comportamiento al derivar hacen que la composición de la fauna en la deriva, no represente a la comunidad de organismos propiamente establecida en el bentos de un tramo del río (Allan 1995; Angelier 2002), por lo que, el estudio de las comunidades presentes en el bentos de estos ecosistemas debe estar acompañado del conocimiento de los organismos en la deriva (Tamaris-Turizo, Rodríguez-Barrios y Ospina-Torres, 2013).

La deriva es un fenómeno no bien interpretado y muy complejo en sus determinaciones (Pearson y Franklin 1968; Forrester 1994), ya que no se tiene una completa claridad sobre los procesos que promueven a los macroinvertebrados acuáticos a desplazarse aguas abajo (Allan 1995). La complejidad de este fenómeno es influenciada por factores abióticos como: la velocidad y caudal del río, la temperatura, el fotoperiodo y factores bióticos: la densidad de las poblaciones bénticas, los recursos alimenticios, la depredación y la competencia, (Hieber, Robinson y Uehlinger, 2003). Bishop y Hynes (1969) sugieren que el ingreso de los macroinvertebrados acuáticos a la deriva se debe a varios factores, incluidos los disturbios en el sedimento del lecho acuático. Se ha demostrado que el proceso de deriva habilita a estos organismos para escapar de condiciones desfavorables (Brittain y Eikeland 1988), que pudieran ser de origen natural o antropogénico.

Estudios indican que en la tendencia constante a abandonar el fondo no solo interviene la densidad, sino también los factores comportamentales y morfológicos, cuya influencia varía de una especie a otra, en relación con la susceptibilidad de cada una al ser arrastrada por la corriente (Corkum, 1978; Rader, 1997).

Según Waters (1962) y Allan (1995), existen tres tipos de deriva: catastrófica, conductual y constante. El primer tipo, deriva catastrófica está asociada usualmente con las condiciones de descarga durante la cual el sustrato es físicamente perturbado por altas descargas u otros eventos tales como: sequías, altas temperaturas, bloques de hielo, actividades humanas, etc. La Deriva conductual es la que exhibe un patrón predecible, que consiste generalmente en un pronunciado incremento nocturno. Cuando es el resultado de alguna característica conductual del organismo como: la respuesta a los cambios en la intensidad lumínica, denominada indirecta o pasiva y cuando un organismo, escapa de un predador y entra en la columna de agua, se le llama activa. La deriva constante o causal es la más fácil de detectar durante el día. Se considera que es de bajas densidades, debido al desalojo accidental del sustrato como resultado de cualquier tipo de actividad diurna.

La deriva puede iniciarse de manera pasiva, no intencional, como ocurre en la deriva catastrófica, ocasionada por desplazamientos durante las inundaciones o de manera activa o intencional en respuesta a condiciones físico-químicas o biológicas desfavorables: la

escasez de recursos alimenticios, refugios, depredación o en los procesos de emergencia de los adultos (Shearer, Hayes y Starkn, 2002). Independientemente del tipo de deriva, la dinámica del transporte de insectos acuáticos, medido en términos de abundancia o biomasa, se convierte en un descriptor de alteraciones en los ecosistemas lóticos y por ende, en un indicativo de la salud ecológica de los mismos (Corigliano, Gualdoni, Oberto y Raffaini, 1998).

En los estudios de deriva, el mayor interés ha sido encontrar la causa última de este fenómeno ¿Qué organismos exhiben una fuerte periodicidad nocturna? ¿Qué organismos entran a la deriva? ¿Los organismos que entran a la deriva lo hacen a propósito? y ¿Qué papel desempeña este fenómeno en el funcionamiento ecológico de los ríos? (Allan, 1995).

Sobre deriva de insectos acuáticos existe abundante literatura para zonas templadas, pero para la región neotropical los estudios referentes a la composición y estructura de la fracción derivante de insectos acuáticos son escasos (Brewin y Ormerod, 1994; Brittain y Eikelands, 1988). En la república de Panamá no existen investigaciones publicadas sobre este fenómeno, razón por la cual el objetivo que orientó este estudio fue determinar la estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva y su relación con la estructura bentónica de la comunidad de insectos, en un tramo del río Santa María en la provincia de Veraguas.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el río Santa María, comunidad de Las Trancas distrito de Santa Fe, provincia de Veraguas, Panamá, que pertenece a la vertiente de pacífico y se caracteriza por su cobertura boscosas, aguas claras, calmadas y otras con remansos y profundidades variables. Para la realización del estudio se seleccionaron dos estaciones de muestreo, separadas por 115 m una de la otra. Las estaciones se establecieron y se clasificaron así: Estación No.1 con coordenadas 8°30'08.64" N 81°04'02.99" O ubicada a una altitud de 273 m s.n.m y la Estación No.2 con coordenadas 8°30'05.82" N 81°04'03.84" O y a una altitud de 274 m s.n.m.

2.2 Trabajo de campo

En los meses de febrero hasta mayo de 2017, se realizaron 17 giras, a razón de una gira por semana. En la recolecta de insectos en la deriva, en cada estación se ubicó una trampa de deriva, contra la corriente. Cada trampa con un área de 0,176 m² y una apertura de ojo de malla de aproximadamente 500 µm, manteniéndose totalmente sumergidas durante los muestreos. Las trampas de deriva se desocuparon cada cuatro horas, durante un ciclo de 12 horas por día de colecta; de 06:00 a 10:00 hr.; de 10:00 a 14:00 hr.; de 14:00 a 18:00 hr., lo que hizo un total de 6 muestras diarias.

La recolecta de los insectos acuáticos bentónicos se realizó simultáneamente a la recolecta de insectos en la deriva y aguas abajo de las trampas de deriva, durante una hora por estación, utilizando una red tipo D-Net de 500 µm de ojo de malla, con la cual se hicieron barridos en el fondo de corrientes y remansos y en la vegetación ribereña. También, se hicieron capturas directas utilizando pinzas entomológicas para obtener los insectos de los troncos caídos, piedras y ramas sumergidas. Las muestras fueron separadas *in situ* colocándolas en una bandeja blanca, para extraer con las pinzas los insectos acuáticos. Luego, éstos fueron colocados en frascos debidamente rotulados, los cuales contenían alcohol al 70 % y cuatro gotas de glicerina a fin de mantener las estructuras de los insectos blandas y flexibles, para realizar una mejor manipulación e identificación (Roldán-Pérez, 1988).

2.3 Tratamiento de las muestras en el laboratorio

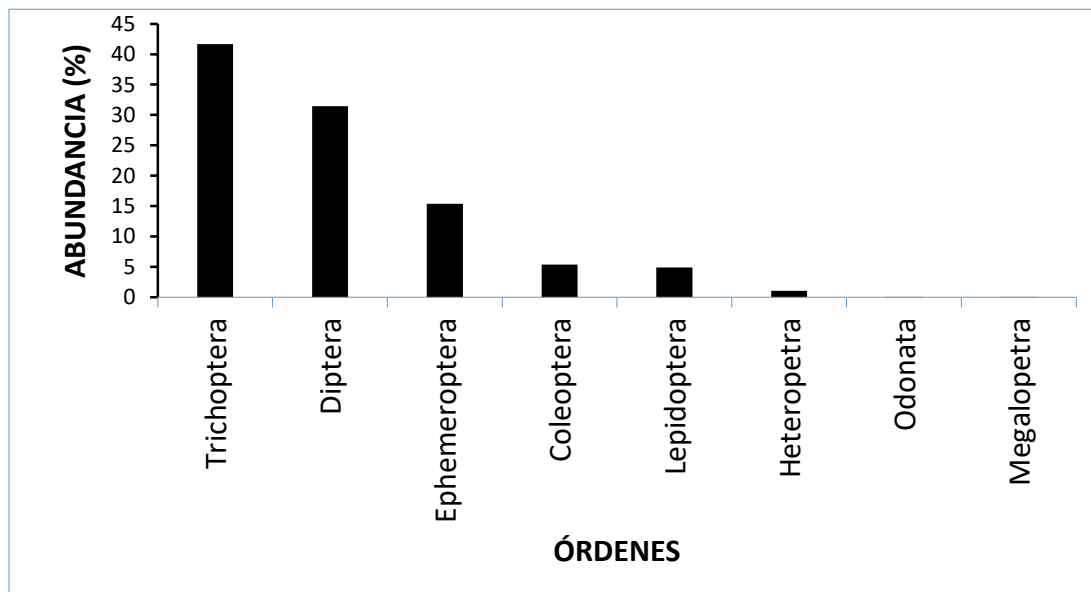
Los insectos acuáticos en la deriva y los bentónicos fueron identificados hasta el nivel de género con la ayuda del estereoscopio (Marca Nikon, Modelo C-LEDS) y el uso de claves taxonómicas de Roldán-Pérez, (1988), Novelo-Gutiérrez, (1997a), Novelo-Gutiérrez, (1997b), Posada y Roldán-Pérez, (2003), Cummins, Merritt y Berg, (2008), Domínguez y Fernández (2009), Flowers y De la Rosa (2010), Ramírez, (2010), Springer (2006 y 2010), Todo el material biológico identificado se encuentra en la colección de referencia del Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad en Coiba, pertenecientes al Centro Regional Universitario de Veraguas, de la Universidad de Panamá.

3. Resultados

3.1. Estructura numérica y composición de la fracción de insectos en la deriva en un tramo del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

Durante las 17 giras de muestreos, en el tramo estudiado del río Santa María se recolectaron un total de 1 502 insectos acuáticos, 941 en la estación No. 1 y 561 en la estación No. 2. No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de los insectos en la deriva entre las estaciones de muestreo (Mann-Whitney, U Test, $p=0,324$). De forma general, la entomofauna acuática en la deriva estuvo agrupada en 8 órdenes; 25 familias y 52 géneros determinados y 3 géneros sin determinar. En términos de abundancia, los órdenes se distribuyen de la siguiente manera: Trichoptera con 626 (41,6 %) individuos, Diptera con 472 (31,4%), Ephemeroptera con 231 (15,4 %), Coleoptera con 81 (5,4 %), Lepidoptera con 74 (4,9 %), Heteroptera (Hemipetra) con 16 (1,1%), Odonata con 1 (0,1%) y Megaloptera 1 (0,1 %). (Figura 1).

Figura 1. Porcentajes de abundancia por órdenes de insectos acuáticos en la deriva en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

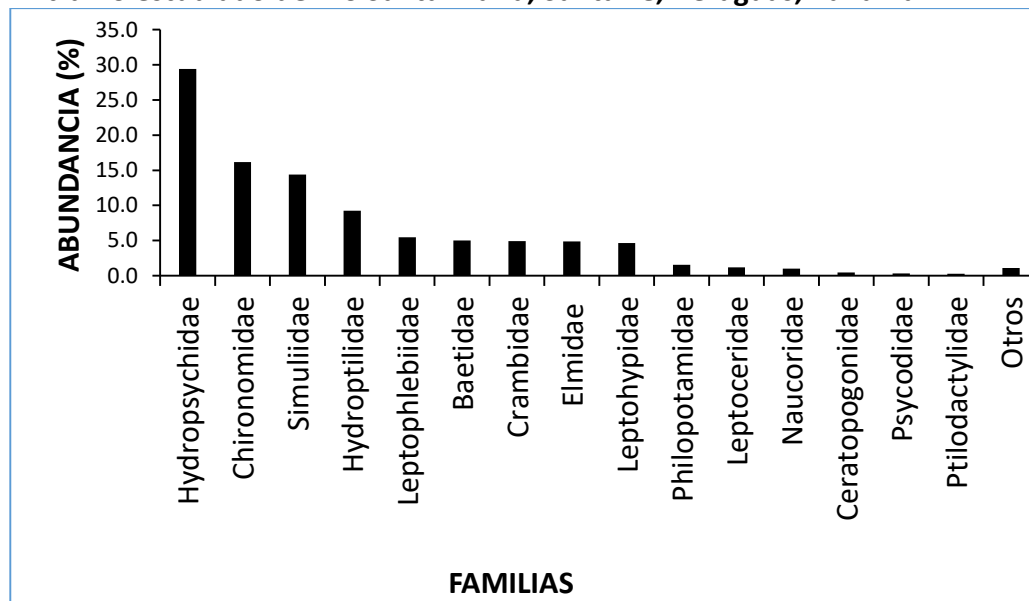


Fuente: Elaborada por los autores.

Las familias más abundantes en la fracción de insectos en la deriva, en cuanto al porcentaje de individuos, en el tramo estudiado del río Santa María, fueron:

Hydropsychidae con 442 (29,4 %) individuos, Chironomidae con 243 (16,2 %), Simuliidae con 216 (14,4 %), Hydroptilidae con 139 (9,3%), Leptophlebiidae con 82 (5,5 %), Baetidae con 75 (5,0 %), Cambridae 74 (4,9%), Elmidae con 73 (4,9 %), Leptohyphidae con 70 (4,7 %), Philopotamidae con 23 (1,5 %), Leptoceridae con 18 (1,2 %), Naucoridae con 15 (1,0 %), Ceratopogonidae con 7 (0,5 %), Psycodidae con 5 (0,3 %), Ptilodactylidae con 4 (0,3 %), Caenidae con 4 (0,3%) e Hydrobiosidae con 3(0,2 %), lo que equivale al 95,5 % de la fracción derivante (figura 2). Las familias menos abundantes en la deriva fueron: Psephenidae, Staphylinidae, Tipulidae, Veliidae, Coenagrionidae y Corydalidae con un 0,5 % de la deriva, (Figura 2. como otros).

Figura 2. Porcentajes de abundancia por familia de insectos acuáticos en la deriva en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.



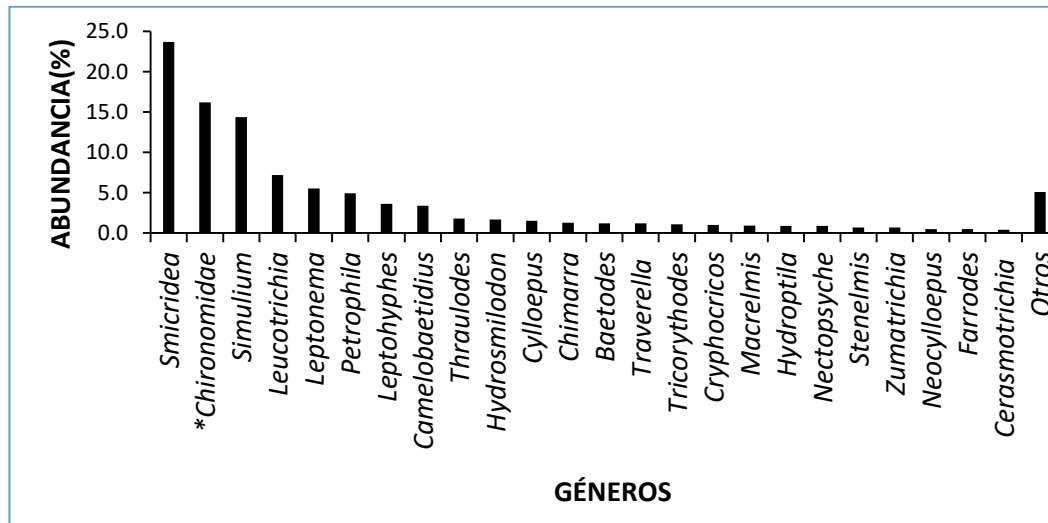
Fuente: Elaborada por los autores.

Los géneros más abundantes en cuanto al número de individuos presentes en la deriva, en el tramo estudiado del río Santa María fueron: *Smicridea* con 356 (23,7 %) individuos, Chironomidae (género sin determinar con 243 (16,2 %), *Simulium* con 216 (14,4 %), *Leucotrichia* con 108 (7,2 %), *Leptonema* con 83 (5,5 %), *Petrophila* con 74 (4,9 %), *Leptohyphes* con 54 (3,6 %), *Camelobaetidius* con 51 (3,4 %), *Thraulodes* con 27 (1,8 %),

Hydrosmilodon con 25 (1,7 %), *Cylloepus* con 23 (1,5 %), *Chimarra* con 19 (1,3 %), *Baetodes* con 18 (1,2 %), *Traverella* con 18 (1,2 %), *Tricorythodes* con 16 (1,1 %), *Cryphocricos* con 15 (1,0 %), *Macrelmis* con 14 (0,9 %), *Hydroptila* con 13 (0,9 %), *Nectopsyche* con 13 (0,9 %), *Stenelmis* con 10 (0,7 %), *Zumatrichia* con 10 (0,7 %), *Neocylloepus* con 7(0,5 %), *Farrodes* con 7 (0,5 %) y *Cerasmotrichia* con 6 (0,4 %), lo que equivale al 95,5 % de la deriva de insectos acuáticos (Figura 3).

Los géneros menos abundantes fueron: *Phanocerus*, *Maurina*, *Terpides*, *Anatolica*, Elmidae (sin determinar), *Anchytarsus*, *Bezzia*, *Wormaldia*, *Heterelmis*, *Optioservus*, *Lara*, *Baetis*, *Americabaetis*, Caenidae (sin determinar), *Atopsyche*, *Psephenus*, Staphylinidae (sin determinar), *Culicoides*, *Macronema*, *Ochrotrichia*, *Hexanchorus*, *Dasyhelea*, *Limonia*, *Caenis*, *Rhagovelia*, *Argia*, *Corydalus* y *Calosopsyche*, lo que equivale al 0,5 % de la deriva, (Figura 3, como otros).

Figura 3. Porcentajes de abundancia por género de insectos acuáticos en la deriva en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.



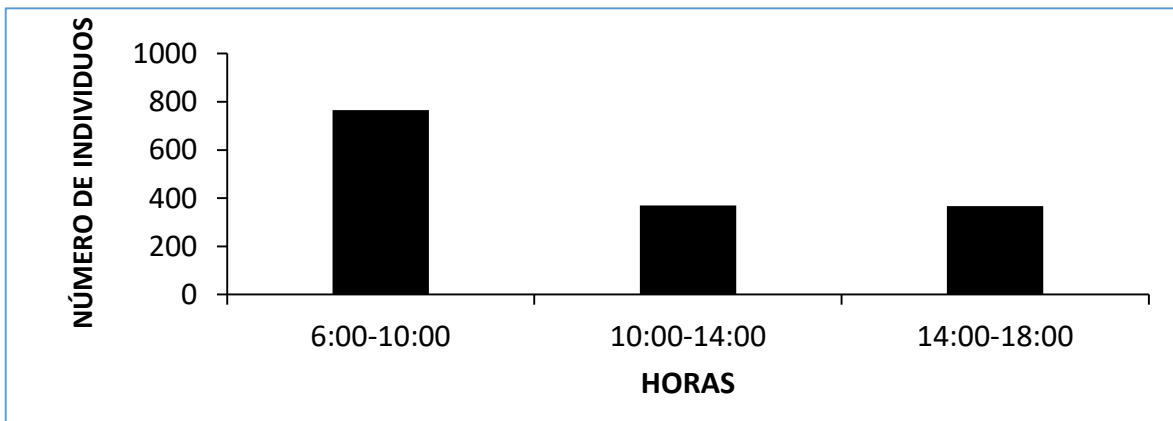
Fuente: Elaborada por los autores.

3.2. Periodicidad en la deriva de insectos acuáticos en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas.

En el tramo estudiado del río Santa María, en el periodo de 6:00 – 10:00 hr., se recolectaron 765 insectos en la deriva; distribuidos en siete órdenes, 19 familias y 41

géneros (dos géneros sin determinar); mientras que, de 10:00 – 14:00 hr., se obtuvieron 370 individuos en siete órdenes, 19 familias y 43 géneros (tres géneros sin determinar), y de 14:00 – 18:00 hr., se recolectaron 367 individuos, distribuidos en seis órdenes, 20 familias y 41 géneros (tres géneros sin determinar) (Figura 4). Se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de los insectos en la deriva en los distintos períodos de muestreos diurnos, (Friedman, $Q= 9,87$, $gl= 2$, $p= 0.007$). La mayor abundancia de insectos en la deriva en el tramo estudiado del río Santa María, se registró en el período de 6:00-10:00 hr. (Procedimiento de Nemenyi / Prueba bilateral: $p=0,03$ $W_{ij} = -0,52$) (Figura 4). El cálculo de la diversidad fue de $H' = 2,50$ ($J' = 0,67$ $Taxa = 41$) para el periodo de 6:00 -10:00 hr., de $H' = 2,69$ ($J' = 0,71$, $Taxa = 43$) para el de 10:00-14:00 hr.; y de $H' = 2,76$ ($J' = 0,74$, $Taxa = 41$) para el periodo de 14:00-18:00 hr. Se encontraron diferencias significativas en la diversidad para los distintos periodos de muestreo. El período de 14:00-18:00 hr. presentó la diversidad más baja ($p < 0.05$; t de Hutcheson), (Figura 4).

Figura 4. Número de insectos acuáticos en la deriva colectados en los distintos períodos de muestreos en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas. Panamá.



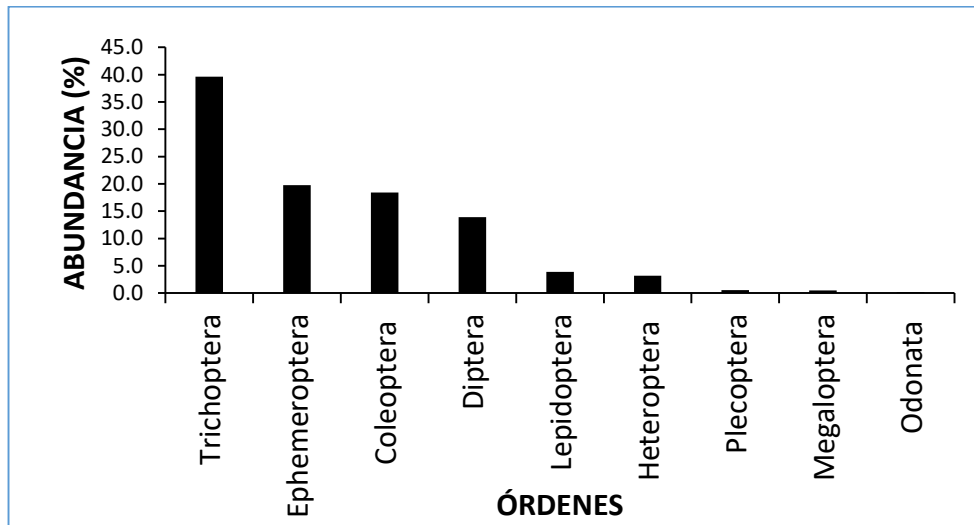
Fuente: Elaborada por los autores.

3.3. Estructura numérica y composición de la comunidad insectos acuáticos bentónicos en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

En el tramo estudiado del río Santa María se recolectaron un total de 1 468 insectos acuáticos en la comunidad bentónica: 779 en la estación No. 1 y 689 en la estación No. 2.

No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de los insectos entre las estaciones de muestreo (Mann-Whitney, U Test, $p = 0,3674$). De forma general, la comunidad de insectos acuático bentónica estuvo integrada por nueve órdenes; 24 familias y 54 géneros y cuatro géneros sin determinar; distribuidos en término de abundancia de la siguiente manera: el orden Trichoptera con 582 (39,6 %) individuos; Ephemeroptera con 290 (19,8 %), Coleóptera con 270 (18,4 %), Díptera con 204 (13,9 %), Lepidóptera con 57 (3,9 %), Heteróptera con 47 (3,2 %), Plecóptera con 8 (0,5 %), Megaloptera con 7 (0,5 %) y Odonata con 3 (0,2 %) (Figura 5).

Figura 5. Porcentajes de abundancia por órdenes en la comunidad de insectos acuáticos bentónicos, en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.



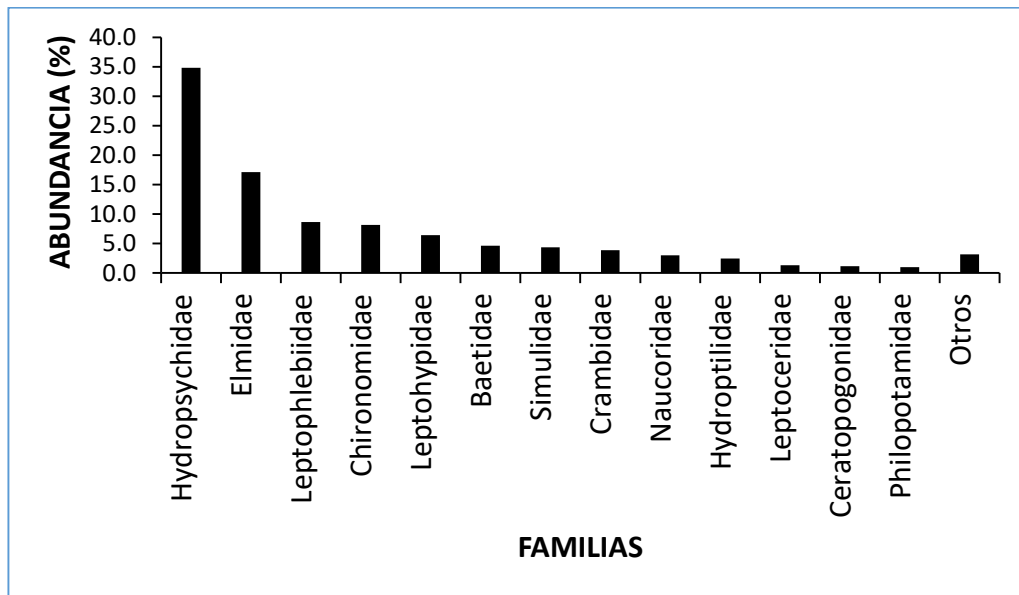
Fuente: Elaborada por los autores.

Las familias más abundantes de la comunidad de insectos acuáticos bentónicos, en cuanto al número de individuos, en el tramo estudiado corresponden a Hydropsychidae correspondiente al orden (Trichoptera) con 511 (34,8 %) individuos, seguido por Elmidae (Coleóptera) con 251 (17,1 %), Leptophlebiidae (Ephemeroptera) con 127 (8,7 %), Chironomidae (Díptera) con 120 (8,2 %), Leptohypidae con 94 (6,4 %), Baetidae (Ephemeroptera) con 68 (4,6 %) Simuliidae (Díptera) con 64 (4,4 %), Crambidae (Lepidoptera) con 57 (3,9 %), Naucoridae (Heteroptera) con 44 (3,0 %), Hydroptilidae

(Trichoptera) con 36 (2,5 %), Leptoceridae (Trichoptera) con 19 (1,3 %), Ceratopogonidae (Diptera) con 17 (1,2 %) y Philopotamidae (Trichoptera) con 14 (1,0 %), lo que representa el 96,9 % de la comunidad de insectos acuáticos en el tramo estudiado (Figura 6).

Las familias menos abundantes fueron: Ptilodactylidae (Coleoptera), Perlidae (Plecoptera), Corydalidae (Megaloptera), Psephenidae (Coleoptera), Staphylinidae (Coleoptera), Veliidae (Heteroptera:Hemiptera), Gomphidae (Odonata), Chrysomelidae (Coleoptera), Psycodidae (Diptera), Hydrobiosidae (Trichoptera), Tipulidae (Diptera) y Caenidae (Ephemeroptera), que en su totalidad constituyeron el 3,1 % de la comunidad de insectos acuáticos en el tramo estudiado del río Santa María (Figura 6, como otros).

Figura 6. Porcentajes abundancia por familia en la comunidad de insectos acuáticos bentónicos, en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.



Fuente: Elaborada por los autores.

Los géneros más abundantes en cuanto al número de individuos presentes en la comunidad bentónica de insectos acuáticos, en el tramo estudiado del río Santa María fueron: *Smicridea* con 454 (30,9 %) individuos, seguido de Chironomidae (género sin determinar) con 120 (8,2 %), *Cyloepus* con 108 (7,4 %), *Thraulodes* con 80 (5,4 %), *Leptohyphes* con 75 (5,1 %), *Simulium* con 64 (4,4 %), *Macrelmis* 63 (4,3 %), *Petrophila* con 57 (3,9 %), *Leptonema* con 50 (3,4 %), *Camelobaetidius* con 45 (3,1 %), *Cryphocricos* con 44

(3,0 %), *Hydrosmilodon* con 33 (2,2 %), *Stenelmis* con 30 (2,0 %), *Tricorythodes* con 19 (1,3 %), *Leucotrichia* con 19 (1,3 %), *Optioservus* 16 (1,1%), *Baetodes* con 16 (1,1 %), *Chimarra* con 12 (0,8 %), *Anatolica* con 11 (0,7 %), *Macronychus* 9 (0,6 %), *Anchytarsus* con 9 (0,6 %), *Zumatrichia* con 9 (0,6 %), *Ceratopogonidae* (género sin determinar) con 8 (0,5 %), *Culicoides* con 8 (0,5 %), *Anacroneuria* con 8 (0,5 %), *Nectopsyche* con 8(0,5 %), *Neocylloepus* con 7 (0,5 %), *Terpides* con 7 (0,5 %) y *Corydalus* con 7 (0,5 %), lo que representa el 95,1 % de la estructura de esta comunidad (Figura 7).

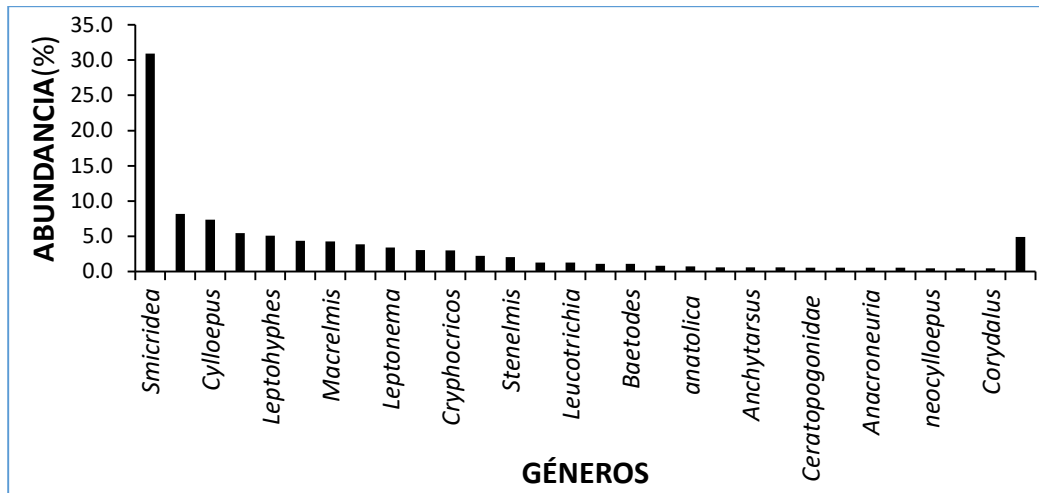
Los géneros menos abundantes en la comunidad bentónica de insectos acuáticos fueron: *Psephenus*, *Farrodes*, *Heterelmis*, *Baetis*, *Hydroptila*, *Lara*, *Phanocerus*, Elmidae (sin determinar), Staphylinidae (sin determinar), *Americabaetis*, *Perigomphus*, *Calosopsyche*, *Cerasmotrichia*, *Ancyronix*, *Olimnius*, *Donacia*, *Maurina*, *Traverella*, *Rhagovelia*, *Atopsyche*, *Macronema*, *Plectropsyche*, *Wormaldia*, *Hexanchorus*, *Dasyhelea*, *Hexatoma*, *Caenis*, *Microvelia* y *Ochrotrichia*, los cuales representan el 4,9 % de la estructura de esta comunidad (Figura 7, como otros).

3.4. Relación entre la comunidad bentónica de insectos acuáticos y la fracción de insectos en la deriva, en el tramo estudiado del Río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

El índice de similitud de Jaccard mostró un valor de similitud entre los insectos en la deriva y la comunidad bentónica de insectos en el tramo estudiado de $IJ = 75\%$. El cálculo de la diversidad fue de $H' = 2,68$ ($J' = 0,70$, $Taxa = 52$) para la fracción de insectos acuáticos en la deriva y de $H' = 2,84$ ($J' = 0,68$, $Taxa = 58$) para la comunidad bentónica de insectos acuáticos. Se encontraron diferencias significativas en la diversidad entre los insectos acuáticos en la deriva y la comunidad bentónica de insectos acuáticos en el tramo estudiado. La diversidad en la comunidad bentónica fue mayor que en la fracción de insectos en la deriva ($p = 0.0001$; t de Hutcheson).

De los 52 géneros de insectos acuáticos capturados en las redes de deriva, 47 géneros (90,4 %) están presentes en la comunidad bentónica, del tramo estudiado; mientras que 11 (18,9 %) de los 58 géneros presentes en la comunidad bentónica no se capturaron en las redes de deriva.

Figura 7. Porcentaje de abundancia por géneros de la comunidad de insectos acuáticos bentónicos en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.



Fuente: Elaborada por los autores.

4. Discusión

4.1 Estructura numérica y composición de la fracción de insectos acuáticos en la deriva en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

En el tramo estudiado del río Santa María, la caracterización de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva, en términos de abundancia, se encontró dominada por los órdenes: Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera, los que representaron el 93,8 % de la deriva total; mientras que, los menos abundantes en la deriva fueron: Lepidoptera, Heteroptera (Hemiptera), Odonata y Megaloptera, los que representaron el 6,2 % de la deriva. Estudios realizados por Guerra (2017) en insectos en la deriva, en un tramo del río Vigúí, en la comarca Ngöbe-Buglé, encontró que los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Diptera y Trichoptera representaron el 90,9 % de la deriva: mientras que, Plecoptera, Odonata, Lepidóptera, Heteróptera (Hemiptera) y Megaloptera representaron el 9,1 % de la deriva. Otro estudio similar realizado en río el San Pedro, Rincón Sucio, provincia de Veraguas por Aparicio y Concepción (2017), reportaron que los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Diptera y Trichoptera constituyen el 91,3 % de abundancia en la deriva, mientras que, los órdenes Heteroptera (Hemiptera), Odonata, Lepidoptera y Plecoptera con

el 8,7 % de abundancia. Esto coincide con el estudio, lo que parece indicar que los órdenes: Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera son los más propensos a desplazarse en la deriva.

Estudios realizados en la fracción derivante de insectos acuáticos, concernientes a regiones tropicales, como los de Aguirre-Pabón et al. (2012) documentaron, en términos generales, a los órdenes Diptera y Ephemeroptera como los que tienen mayor tendencia a derivar, y representaron el 93,4 % de la deriva. Callisto y Goulart, (2005) encontraron que los órdenes Diptera, Trichoptera y Ephemeroptera son los más propensos a entrar en la deriva y representaron el 87.9 % de la deriva total. Tamaris-Turizo et al. 2013, reportaron a los órdenes Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera, son los que presentaron las mayores densidades en la deriva; mientras que, Rodríguez-Barrios et al. 2007, reportaron que los órdenes Diptera, Trichoptera y Ephemeroptera con las mayores densidades en la deriva. Ordenes que coinciden con el estudio como los órdenes más propensos a entrar en la deriva, a excepción de Coleoptera, que en el presente estudio se encuentra como un orden propenso a entrar en la deriva.

4.2. Estructura numérica y composición de la comunidad insectos acuáticos bentónicos y su relación con la comunidad de insectos acuáticos en la deriva, en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

Al caracterizar la comunidad bentónica, en términos de abundancia, en el tramo estudiado del río Santa María, los órdenes más abundantes fueron: Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera y Diptera los que representaron el 91,7 % de la abundancia. Estos mismos órdenes: Trichoptera, Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera representaron el 93,8 % en la comunidad de insectos en la deriva. En un estudio similar realizado en río el San Pedro, provincia de Veraguas por Aparicio y Concepción (2017), notificaron para la comunidad bentónica de insectos acuáticos, en términos de su abundancia, los siguientes órdenes: Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera y Heteróptera (Hemiptera), los que representaron el 84,8 %; mientras que, para la comunidad de insectos acuáticos en la deriva, encontraron a los órdenes: Ephemeroptera, Coleoptera, Diptera y Trichoptera con el 94,4 % de la abundancia.

Aunque parece no existir un patrón en la composición taxonómica en cuanto a órdenes de insectos acuáticos en la deriva, todo parece indicar que los órdenes de insectos acuáticos más abundantes en la comunidad bentónica, corresponden a los mismos órdenes abundantes en la deriva. Matthaei, Werhmüller y Frutiger, (1998) y Ramírez y Pringle, (1998) reportaron que los órdenes con mayor abundancia en la deriva, son los mismos órdenes abundantes de la comunidad bentónica y pertenecen a los órdenes Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera. Ramírez y Pringle (1998) hallaron que la deriva y la comunidad bentónica están compuestos por grupos similares, pero con diferentes proporciones. Los órdenes que dominan en abundancia, la fracción derivante coinciden con los órdenes más abundantes en las comunidades bentónicas del río (Ríos, 2008).

El elevado número de géneros de insectos acuáticos de la comunidad bentónica capturados por las redes de deriva fue de 90,4 % para el río Santa María y de 64,3 % para el río San Pedro (Aparicio y Concepción 2017), lo cual parece indicar que la mayor parte de los géneros de las comunidades bentónicas se desplazan en la deriva. Bello-González et al. (2015) descubrieron en el río Bayate (Cuba) que el 74,3 % de los géneros encontrados en la comunidad bentónica fueron hallados también participando en la deriva. Sánchez-Hernández (2011) informaron para el río Tormes (España) que los géneros más abundantes en la comunidad bentónica estaban representados en la deriva en mayor o menor medida. Si bien es cierto, que todos los géneros de insectos de la comunidad bentónica están sujetos a la posibilidad de ser arrastrados aguas abajo, no todos tienen la misma predisposición a derivar. Por lo tanto, la composición de la fracción derivante de insectos acuáticos no sería exactamente igual a la de la comunidad bentónica de insectos. Los géneros de los órdenes de: Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera y Coleoptera tienen mayor posibilidad de ser transportados en la deriva, mientras que, los géneros de los órdenes de Lepidóptera, Plecoptera, Heteroptera (Hemiptera), Odonata, Megaloptera y Blattodea son los menos propensos a derivar (Elliott, 1971, Corigliano, et al. 1987).

Las características estructurales de la fracción derivante de insectos acuáticos y la caracterización de las comunidades bentónicas parecen indicar que, en la mayoría de los géneros, la deriva es una expresión de la estructura de la comunidad bentónica (Gualdoni y

Corigliano, 1999), lo cual apoyaría la hipótesis que considera que la deriva de insectos acuáticos es un fenómeno dependiente de la densidad, que moviliza el exceso de producción de las comunidades bentónicas (Waters, 1962). De acuerdo con esta hipótesis, la estructura de las comunidades bentónicas y derivantes serían semejantes. Sin embargo, tal como lo señalan Gualdoni y Corigliano (1999) son múltiples los factores que pueden influir sobre este fenómeno y la densidad bentónica no es el único disparador. Las características idiosincrásicas de cada especie, tales como: la morfología, el comportamiento y las preferencias de microhábitat, influyen en la entrada y el transporte río abajo. Si bien existen muchas variables que pueden iniciar el reclutamiento de organismos y su permanencia en la columna de agua, la densidad bentónica es el factor clave para comprender gran parte de este proceso, dado que la mayoría de los géneros de insectos en la deriva mantienen una relación con su posición en la estructura de la comunidad bentónica (Gualdoni y Corigliano, 1999).

El índice de similitud de Jaccard mostró un valor de similitud entre la comunidad de insectos en la deriva y la comunidad bentónica de insectos en el tramo estudiado del río Santa María de $IJ= 75 \%$, mientras que, Aparicio y Concepción (2017) reportaron un índice de similitud de $IJ= 49 \%$ para el río San Pedro. Las semejanzas entre las comunidades bentónicas y la comunidad de insectos en la deriva, indican que en ríos con las características del Santa María, con un índice de similitud del 75% , entre ambas comunidades, la deriva es una expresión de la estructura de la comunidad bentónica, en concordancia con la hipótesis densodependiente. Similar a lo comunicado por Gualdoni y Corigliano, (1999) y Zanotto-Arpellino, Principe, Oberto y Gualdoni, (2015) al encontrar una elevada similitud entre la estructura de la comunidad bentónica y de la fracción de insectos en la deriva, de 75% y 86% , respectivamente.

La importancia de la densidad bentónica, como uno de los principales factores que inducen a los insectos a derivar, ha sido estudiada por diferentes autores (Waters, 1965, Zanotto-Arpellino et al. 2015). Las conclusiones no siempre fueron concordantes. Mientras que, algunos autores encuentran una relación entre la comunidad de insectos en la deriva y la densidad bentónica (Allan, 1987, Pearson y Kramer, 1972, Gualdoni y Corigliano, 1999,

Zanotto-Arpellino et al. 2015), otros consideran que las dos fracciones presentan diferentes patrones de abundancia (Elliott, 1967, Corkum, 1978, Koetsier y Bryan, 1996, Principe y Corigliano, 2006), lo que parece indicar que son múltiples los factores que pueden influir sobre este fenómeno y que la densidad bentónica no es el único disparador (Gualdoni y Corigliano, 1999).

La tendencia a derivar, además de la densidad bentónica, puede estar asociada también, con algunos aspectos de la forma de vida de los organismos que integran la fracción derivante (Lehmkuhl y Anderson 1972, Corkum, 1978) como, por ejemplo: la forma corporal hidrodinámica que determina la habilidad para nadar, las adaptaciones morfológicas y etológicas que favorecen la permanencia en el sustrato, el microhábitat preferencial y la velocidad de la corriente (Rader, 1997).

4.3. Periodicidad en la deriva de insectos acuáticos en el tramo estudiado del río Santa María, Santa Fe, Veraguas, Panamá.

En el tramo estudiado del río Santa María, se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de la comunidad de insectos en la deriva y los distintos períodos de muestreos diurnos. La mayor abundancia de los insectos en la deriva se registró en el período de 6:00-10:00 hr. Otero (2018) en un estudio similar en el río Gatú en Veraguas, encontró diferencias significativas entre la abundancia de insectos acuáticos en la deriva y los distintos períodos de muestreos diurnos y nocturnos, en los cuales la mayor abundancia de insectos acuáticos en la deriva, se registró en las primeras horas de la mañana y en el período nocturno. Este patrón de deriva se ha asociado a un patrón conductual, que ha sido interpretado como una adaptación evolutiva para la evasión de depredadores visualmente activos (Allan, 1995). Waters (1972) denominó a este planteamiento como “hipótesis de deriva de insectos acuáticos como un mecanismo para evitar la depredación”. Evidencia que apoya esta hipótesis, en sistemas tropicales, es que el aumento en los organismos en la deriva nocturna, solo ocurre en aquellos sistemas acuáticos, donde los depredadores diurnos, como los peces están presentes (Ramírez y Pringle, 1998).

Algunos autores han documentado patrones en la periodicidad diaria de la deriva, mostrando una deriva baja y constante durante el día, seguida por incrementos dramáticos en el número de organismos durante la noche (Waters, 1962, Ramírez y Pringle, 1998, Aguirre-Pabón et al. 2012, Tamaris-Turizo et al. 2013). Este tipo de deriva llamada “conductual” (Allan y Castillo, 2007) ocurre generalmente en respuesta a condiciones desfavorables como la escasez de recursos alimenticios, refugios o la presión de los depredadores (Shearer, Hayes y Starkn, 2002). Estudios en la periodicidad de la deriva, en ríos de los Andes venezolanos donde históricamente no han existido depredadores, presentan en un patrón de deriva aperiódico (Flecker 1992). Esto parece apoyar la “hipótesis de deriva de insectos acuáticos como un mecanismo para evitar la depredación”.

5. Conclusiones

- Las características estructurales de la comunidad de insectos acuáticos en la deriva y en la comunidad bentónica, presentaron muchas semejanzas en su composición. Ello indica, que en los ríos con las características del río Santa María, con un índice de similitud entre estas comunidades del 75 %, la deriva es una expresión de la estructura de la comunidad bentónica, lo cual concuerda con la hipótesis de que la deriva es un fenómeno dependiente de la densidad.
- Se acepta que son múltiples los factores que pueden influir sobre la tendencia a derivar y que la densidad bentónica no es el único disparador.
- La tendencia a derivar, además de la densidad bentónica, puede estar asociada, con algunos aspectos de la forma de vida de los organismos que integran la fracción derivante: la forma corporal hidrodinámica que determina la habilidad para nadar, las adaptaciones morfológicas y etológicas que favorecen la permanencia en el sustrato, el microhábitat preferencial y la velocidad de la corriente.
- La mayor abundancia de insectos acuáticos en la deriva, en un ciclo diurno, se obtuvieron en las primeras horas de la mañana. Este patrón de deriva se ha asociado a un patrón conductual, que puede ser la respuesta a los cambios en la intensidad

lumínica o un mecanismo defensivo de escapar de los depredadores entrando en la columna de agua.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Pabón, J., Rodríguez-Barrios, J., y Ospina-Torres, R. (2012). Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, río Gaira, Santa Marta, Colombia. *Intropica*. (7), 9-19.
- Allan, J.D. *Hydrobiologia* (1987) 144: 261. <https://doi.org/10.1007/BF00005560>
- Allan, J.D. (1995). *Stream ecology: structure and function of running waters*. MA. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Allan, J. D. y Castillo, M. M. (2007). *Detrital energy sources*. En J. Allan Y M. M. Castillo (Eds.). *Stream ecology structure and function of running waters* (pp. 135–161). Netherlands: Springer Dordrecht.
- Angelier, E. (2002). *Ecología de las aguas corrientes*. España: Editorial Acribia S.A.
- Aparicio, L y Concepción, A. (2007). *Estructura numérica y composición de la fracción derivante de insectos acuáticos en un tramo del río San Pedro, Rincón Sucio, Provincia de Veraguas, Republica de Panamá*. Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología. Tesis de Grado. Biología. Panamá.
- Bello-González, O. C., Curbelo, G. E., Fontenla, y., Botello, F. D., Castillo, I. de la C., Santalla, M., y Benítez, R. (2015). Deriva de macroinvertebrados acuáticos en un afluente del río Bayate, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista Cubana de Zoología*. Poeyana. (501), 1-7.
- Bishop, J. E. y Hynes, H. B. N. (1969). Upstream movements of the benthic invertebrates in the Speed River. *J. Fish. Res. Board Can.* (26), 278-298.
- Brewin, P. A. y Ormerod, S. J. (1994). Macroinvertebrate drift in streams of the Nepalese Himalaya. *Freshwat. Biol.* (32), 573–583.
- Brittain, J.E. y Eikeland, T.J. *Hydrobiologia* (1988) 166:77. <https://doi.org/10.1007/BF00017485>

- Callisto, M. y Goulart, M. (2005). Invertebrate drift along a longitudinal gradient in a Neotropical stream in Serra do Cipo National Park, Brazil. *Hydrobiologia* (539), 47–56.
- Corigliano, M. C.; Gualdoni, C. M. Oberto, A. M. (1987). Deriva de macroinvertebrados en un tramo anastomosado de un río de llanura. *Revista Universidad Nacional de Rio Cuarto*. 7(1), 89-98.
- Corigliano, M.C., Gualdoni, A. M. Oberto y Raffaini, G. B. (1998). Atributos estructurales de la deriva de invertebrados en el río Chocancharava, Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, (8), 5-12.
- Corkum, L. D., (1978). The influence of density and behavioural type on the active entry of two mayfly species (Ephemeroptera) into the water column. *Can. J. Zool.* (56), 1201-1206
- Cummins, K. W., Merritt, R. W., y Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Merritt, R. W.; Cummins, K. W. y Berg, M. B. (eds.). Cuarta edición. Dubuque USA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Domínguez, E. y Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. E. Domínguez y H. Fernández (eds) Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Elliott, J. M. (1967). The life histories and drifting of the Plecoptera and Ephemeroptera in a Dartmoor stream. *J. Anim. Ecol.*, (36), 343-362.
- Elliott, J. M. (1971). The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District Stream. *Oecologia* (6), 350-379.
- Flecker, A. S. (1992). Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: evidence from Neotropical streams. *Ecology* (73), 438-448.
- Flowers, R. W. y De la Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4), 63-93.
- Forrester, G. E. (1994). Influences of predatory fish on the drift dispersal and local density of stream insects. *Ecology*. (75), 1208-1218.
- Gualdoni, C. M. y Corigliano, M. C. (1999). Deriva de insectos y su relación estructural con el bento. *Idesia* (17), 57-71.

- Guerra, B. (2017). *Densidad y estructura numérica de la fracción derivante de insectos acuáticos en el Río Vigui, comarca Noggbe-Buglé*. Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología. Tesis de Grado. Biología. Panamá
- Hieber, M., Robinson, C. T. y Uehlinger, U. (2003). Seasonal and diel patterns of invertebrate drift in different alpine stream types. *Freshwater Biology* (48), 1078-1092.
- Koetsier, P. y Bryan, C. F. (1996). Is macroinvertebrate drift a density dependence mechanism of the benthos in the lower Mississippi river?. *Journal of Freshwater Ecology* 11(1), 1-9.
- Lehmkuhl, D. M. y Anderson, N. H. (1972). Microdistribution and density as factors affecting the downstream drift of mayflies. *Ecology* (53), 661-667.
- Matthaei, C. D.; Werthmüller, D.; Frutiger, A. (1998). An update on the reliable quantification of stream drift. *Arch. Hydrobiol.* 143(1): 1–19. doi:10.1127/archiv-hydrobiol/143/1998/1.
- Needham, P. R. (1928). A net for capture of stream drift organisms. *Ecology.* (9), 339-342.
- Novelo-Gutiérrez R., (1997a). Clave para la determinación de familias y géneros de Náyades de Odonata de México. Parte II. *Anisoptera. Dugesiana*, 4(2), 31-40.
- Novelo-Gutiérrez R., (1997b). *Clave para la separación de familias y géneros de Náyades de Odonata de México*. Parte I. *Zigoptera. Dugesiana*, 4(1), 1-10.
- Otero, N. (2018). *Estructura numérica y patrón de deriva a lo largo de un ciclo de 16 horas, de la comunidad de insectos acuáticos derivantes, en un tramo del río Gatú, Veraguas, Panamá*. Centro Regional Universitario de Veraguas, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología. Tesis de Grado. Biología. Panamá
- Pearson, W. D., Franklin, D. R. (1968). Some factors affecting drift of Baetis and Simuliidae in a large river. *Ecology.* (49), 75-80.
- Pearson, W. D. y Kramer, R. H. (1972). Drift and production of two aquatic insects in a mountain stream. *Ecological Monographs*, 42(3):365-385.

- Principe, R. E. y Corigliano, M. C. (2006). Benthic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a lowland river: temporal and spatial variations and size structure. *Hydrobiologia* (553), 303-317.
- Posada, J. A., Roldán-Pérez, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. *Caldasia*, 25 (1): 169-192
- Rader, R. B. (1997). A functional classification of the drift: traits that influence invertebrate availability to salmonids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. (54), 1211-1234
- Ramírez, A. (2010). Odonata. *Rev. Biol. Trop.* 58 (Suppl. 4), 97-136
- Ramírez, A. y Pringle, C. M. (1998). Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* (386), 19-26.
- Ríos, B. (2008). *Comunidades de macroinvertebrados en un río altoandino: Importancia del hábitat, dinámica de la deriva, papel de la materia orgánica y relevancia de la ovoposición*. Tesis Doctoral, Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Barcelona. España.
- Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Torres, R., Gutiérrez, J., y Ovalle, H. (2007). Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). *Caldasia*. 29(2), 397-412.
- Roldan-Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis", Medellín, Colombia. *Colciencias*, Univ. de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Roldán-Pérez, G. 2003. *La bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- Sánchez-Hernández, J. (2011). Características biológicas y ecológicas de los macroinvertebrados en un sector del hiporitrón en el río Tormes (España Central). *Zool. Baetica*. (22), 51-67.

- Shearer, K. A, Hayes, W. J. y Starkn J. D. (2002). Temporal and Spatial Quantification of Aquatic Invertebrate Drift in the Maruia River, South Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* (36), 529-536.
- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54 (1), 273-286.
- Springer, M. (2010). Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4), 151-198.
- Tamaris-Turizo, C.; Rodríguez-Barríos, J y Ospina-Torres, R. (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Caldasia* 35(1), 149-163.
- Waters, T. F. (1962). Diurnal periodicity in the drift of stream invertebrates. *Ecology.* (42), 532-537.
- Waters, T. F. (1972). The drift of stream insects. *Ann. Rev. Entomol.* (17), 253-272.
- Zanotto-Arpellino, J. P., Principe, R., Oberto, A. y Gualdoni, C. (2015). Variación espacio-temporal de Chironomidae (Diptera) bentónicos y derivantes en un arroyo serrano en Córdoba, Argentina. DOI:10.1590/1678-4766201510514152.