

DERIVA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN DOS SITIOS CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN, RÍO GAIRA, SANTA MARTA - COLOMBIA

MACROINVERTEBRATES DRIFT ON TWO STATIONS WITH DIFFERENT DEGREE OF DISTURBANCE, GAIRA RIVER, SANTA MARTA – COLOMBIA

Juan Aguirre-Pabón, Javier Rodríguez-Barrios y Rodolfo Ospina Dr. rer. nat.

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue evaluar la variación espacial de la deriva de macroinvertebrados en términos de biomasa y densidad derivante en dos sitios con diferente grado de perturbación (cambios de caudal y arrastre de sedimentos en uno de ellos) ubicados en la cuenca baja del río Gaira (Santa Marta, Colombia). Se realizaron tres muestreos por sitio, utilizando cuatro redes de deriva durante períodos de 24 horas, colectándose muestras en lapsos de cuatro horas. Se encontraron diferencias en abundancia, biomasa y densidad derivante entre los sitios estudiados y entre muestreos, registrando los valores mayores en el sitio menos perturbado. La periodicidad diaria mostró mayor magnitud de la deriva durante las horas de la noche. Los taxones más abundantes fueron Leptohiphidae, Chironomidae, Hydropsychidae y Elmidae. Las diferencias encontradas pueden estar relacionadas con el efecto de la variación del caudal y el arrastre de sedimentos, a pesar de que la magnitud y frecuencia de la perturbación aparentemente no sea muy considerable.

PALABRAS CLAVE: Densidad, biomasa, deriva, perturbación, macroinvertebrados.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the spatial variation of the macroinvertebrate biomass and density drift on two stations with different degree of disturbance (flow regulated and higher sediment amount in one of them) in the lower basin of Gaira River (Santa Marta, Colombia). We carried out three surveys per station using drift nets during 24-hour periods, collecting samples each four hours. We found differences on abundance-, biomass- and drift density between sites and samples, where the less disturbed station had the higher values. The daily variation of drift was highest at night. Leptohiphidae, Chironomidae, Hydropsychidae and Elmidae were the most abundant drifting taxa. The differences can be related to river flow variability and sediment transport, in spite of the marginal value of both magnitude and frequency of the disturbance.

KEY WORDS: Density, biomass, drift, alteration, macroinvertebrates.

Dirrección de los autores:

Universidad del Magdalena-Santa Marta. A.A. 470005. jumantis@gmail.com. (J.A-P) Grupo de investigación GIEN, Universidad del Magdalena-Santa Marta. A.A. 10004, jarodriguezba@gmail.com. (J.R-B) Universidad Nacional de Colombia-Bogotá. A.A. 14490. rospinat@unal.edu.co (R.O).



INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados representan el grupo más abundante y diverso de animales de los ecosistemas lóticos, lo que les confiere gran importancia para el entendimiento de la dinámica funcional, estructural y energética de estos ambientes. En este contexto, el proceso de deriva o arrastre de estos animales es un aspecto funcional que ayuda a entender la respuesta de las comunidades de macroinvertebrados a diferentes condiciones ambientales.

La deriva es definida por Waters (1972) como el transporte río abajo de organismos que participan de la dinámica del sistema fluvial y es uno de los mecanismos más importantes de dispersión y colonización de hábitats por parte de una gran variedad de invertebrados. Este complejo fenómeno es influenciado por factores abióticos (velocidad del agua, descarga, composición química, temperatura y el fotoperiodo) que afectan directa o indirectamente la resistencia biológica de las comunidades (Ward et al., 1995); y factores bióticos, como la densidad bentónica, disponibilidad de recursos alimenticios, depredación, competencia, incubación, pupación y emergencia de los insectos, son igualmente importantes (Otto, 1976; Krueger y Cook, 1981; Hieber et al., 2003).

En los estadios larvales la deriva es el mayor mecanismo de dispersión de los macroinvertebrados acuáticos, aunque la deriva catastrófica por disturbios biológicos o físicos también puede contribuir grandemente a este fenómeno (Brittain y Eikeland, 1988; Tockner y Waringer, 1997). La tendencia a derivar por parte de un organismo depende de su capacidad natatoria y de las condiciones de su entorno, pudiendo recorrer menos de dos metros hasta varios cientos durante grandes crecidas (insectos) (Brittain y Eikeland, 1988); mientras que otros grupos (camarones) pueden hacerlo muchos kilómetros hasta sitios estuarinos.

La deriva puede iniciarse de manera pasiva (no intencional o catastrófica), como ocurre en desplazamientos durante las inundaciones, o activamente (intencional) en respuesta a condiciones físico-químicas o biológicas desfavorables como la escasez de recursos alimenticios, refugios, depredación o en los procesos de emergencia de los adultos (Shearer et al., 2002). Independientemente del tipo de deriva al que se refiera, autores como Statzner et al. (1984) sugieren que la deriva es influenciada por la interacción de un gran número de factores anidados jerárquicamente.

Dentro del estudio de la deriva, la estimación de biomasa de macroinvertebrados acuáticos es uno de los aspectos más importantes para el entendimiento de patrones estacionales, historias de vida, relaciones entre grupos funcionales, producción secundaria y dinámica del flujo energético en las redes tróficas (Rigler y Downing, 1984). Convirtiendo este parámetro en el objeto de preguntas investigativas en los distintos niveles de organización (organismos, población, comunidad y ecosistema) (Benke et al., 1999).

La mayoría de los estudios relativos a la deriva se han enfocado en la determinación de factores bióticos y abióticos que la regulan (Brittain & Eikeland, 1988) y su composición taxonómica. Autores como Statzner et al. (1984), Benson y Pearson (1987), Ramírez y Pringle (1988), Flecker (1990, 1992), Brittain & Eikeland (1988), March et al. (1998) y Pringle y Ramírez (1998) en la zona templada, han demostrado que la densidad de deriva y el aporte de biomasa despliega patrones circadianos distintivos.

Otros autores han documentado patrones de periodicidad diaria en la deriva de macroinvertebrados como consecuencia de adaptaciones evolutivas para la evasión de depredadores visualmente activos durante el día, mostrando una tendencia baja y constante durante el día, seguido por incrementos dramáticos durante la noche (Tanaka, 1960; Waters, 1962; Culp et al., 1991; Flecker, 1992; McIntosh y Townsend, 1994).

Estudios realizados en el ámbito de la deriva han tenido gran auge en zonas templadas, pero aquellos concernientes a regiones tropicales son menos conocidos (e.g., Ramírez y Pringle, 1998, 2001). En Suramérica se han concentrado en Brasil (Oliveira, 1988; Roldán, 1992), sobre la variación temporal de la diversidad y preferencias de hábitats en gradientes longitudinales (Baptista et al., 2001; Callisto y Goulart, 2005) y evaluación de la biodiversidad (Galdean et al., 2001). Flecker (1992), en ríos de los Andes venezolanos, estudió la periodicidad de la deriva de macroinvertebrados como respuesta evolutiva a la presión de los depredadores, registrando que en ríos donde históricamente no han existido depredadores, los procesos de deriva se presentan en un patrón aperiódico, y un comportamiento contrario en ríos que históricamente presentan depredadores.

Para el país los únicos aportes corresponden a Quiñones et al. (1998), sobre la estructura de la comunidad de macroinvertebrados derivadores en la

zona de ritral del río Medellín; Bernal et al. (2006) caracterizaron la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y derivantes en la cabecera y zona cercana a la desembocadura de la quebrada Paloblanco en la cuenca del río Otún (Risaralda); Rodríguez et al. (2006) estudiaron la variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. Rodríguez et al. (2007) estimaron la variación de la densidad y la biomasa derivante de macroinvertebrados acuáticos en una quebrada de Bogotá (Colombia), durante eventos de altas y bajas precipitaciones.

El propósito de este trabajo fue evaluar la variación espacial en cuanto a biomasa y densidad en deriva de los macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, en la parte baja de un río de montaña tropical durante eventos de bajo caudal. La perturbación corresponde a los efectos de una estructura de captación en el segundo sitio sobre una corriente afluyente del río Gaira que causa una regulación del caudal y ocasiona eventos de descarga y un aporte adicional de sedimentos cuando el agua no es represada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Gaira se halla ubicada en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el departamento del Magdalena, con coordenadas límites entre 74°01'07" - 74°46'22" W y 11°10'08" - 11°52'56" N. Tiene un área de 10464.3 ha y una longitud aproximada de 32.53 km desde su nacimiento a los 2750 msnm en las cuchillas de San Lorenzo, en la zona de transición de bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), hasta su desembocadura en la zona de bosque muy seco a espinoso tropical. El área de estudio corresponde a la parte baja del río. Los sitios de muestreo se ubicaron entre 50 y 70 msnm, en un área donde el promedio de precipitación anual hasta 150 msnm (Planta Gaira) alcanza 860.4 mm y una temperatura promedio anual entre 23 y 28 °C (Rueda et al., 2005); el suelo presenta pendientes de moderadas a pronunciadas (> 35 %) y con sectores pedregosos (Frayter et al., 2000).

Fase de campo y colecta de datos

Las estaciones de muestreo comprenden un tramo de

30 m, el sitio uno (S1 – sitio conservado) correspondió a la reserva La Iguana Verde ubicada a una altura de 70 msnm y el sitio dos (S2 – sitio intervenido) estuvo a 50 msnm; sus coordenadas geográficas son: 11°10,231' N - 74°10,428' W y 11°10,534' N - 74°10,860' W, respectivamente (Figura 1). La valoración de los procesos de deriva se realizó mediante tres campañas de muestreo (M1, M2 y M3) por sitio (una por semana), durante los meses de poca precipitación (febrero, marzo y abril). Se utilizaron cuatro redes de deriva (área de captura 0,06 m² y ojo de la red 250 µm) en zonas de rápidos y remansos, sumergidas durante un periodo de 24 h. Los organismos fueron recolectados a intervalos de cuatro horas (07:00, 11:00, 15:00, 19:00, 23:00 y 03:00). Obteniéndose 24 muestras por día, para un total de 144 muestras en ambos sitios.



Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo, cercanos al sector de Puerto Mosquito en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta).

La densidad de deriva de los macroinvertebrados acuáticos se calculó de acuerdo con la ecuación propuesta por Smok (1996):

$$(1) D = (Ab)/(T.V.A)$$

Donde **D** = densidad de macroinvertebrados derivantes (Ind/m³), **Ab** = abundancia de los taxones, **T** = tiempo de exposición de la red (s), **V** = velocidad de la corriente en la boca de la red (m/s) y **A** = área sumergida de la red en m². La velocidad de la corriente fue medida a intervalos de 4 h para cada red.

En cuanto al aporte de biomasa en la deriva, esta se calculó de acuerdo con la ecuación modificada de Smok (1996):

$$(2) D = (mg)/(T.C)$$

Donde **D** = biomasa en deriva (mg/m^3), **mg** = miligramos de macroinvertebrados acuáticos, **T** = tiempo de exposición de la red (s) y **C** = caudal que pasa en la boca de cada red (m^3/s).

El caudal del río se determinó a través del método del objeto flotante mediante la ecuación:

$$(3) QR = V.A$$

Donde **QR** = Caudal del río (m^3/s), **V** = Velocidad de la corriente (m/s) y **A** = Área de la sección transversal, donde **A** = Ancho promedio x Profundidad promedio. La velocidad de la corriente se tomó mediante la ayuda de un objeto flotador en diferentes puntos del cauce (sección derecha, centro e izquierda), con cinco repeticiones en cada caso y a distancias de dos metros. El área de la sección transversal se calculó midiendo el ancho del río en cinco puntos distintos de las márgenes y sobre esta referencia se midió la profundidad en puntos consecutivos ubicados a un metro. Ambos, el caudal y la velocidad de la corriente fueron registrados en tres horas distintas del día (7:00, 15:00 y 23:00), durante cada muestreo. Los valores obtenidos fueron resumidos estimando el promedio total (hora/sitio) por sitio y por hora, esto se hizo con el propósito de analizar su variación espacio-temporal (Tabla 1).

Tabla 1. Valores promedios de caudal y velocidad de la corriente tomados diariamente (7:00, 15:00, y 23:00) en los sitios de estudio.

Hora	SITIO 1		SITIO 2	
	Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)	Caudal (m^3/s)	Velocidad (m/s)
07:00	0,54	0,216	0,322	0,255
15:00	0,573	0,253	0,319	0,264
23:00	0,487	0,172	0,268	0,230
Promedio	0,516	0,206	0,316	0,251
DE (\pm)	0,1346	0,0703	0,0674	0,0262

DE: Desviación estándar

Fase de laboratorio

Las muestras fueron fijadas en etanol al 75% y llevadas al laboratorio donde se separaron los organismos e identificaron con la ayuda de claves taxonómicas hasta

el nivel de familia. El término gramos (g) de la ecuación (2) fue obtenido con la ayuda de un ocular micrométrico empleado para medir los organismos y utilizando curvas de regresión longitud-peso desarrolladas por Smock (1980), Benke et al. (1999), Cressa (1999) y Baumgärtner y Rothaupt (2003), con la ecuación:

$$(4) M = aL^b$$

Donde M = masa del organismo (mg), L = longitud lineal (mm) y a y b son constantes.

Análisis estadístico

Debido a que los datos no mostraron un comportamiento normal ni homogéneo, se efectuaron pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis) para determinar diferencias significativas en la densidad y la biomasa derivante (entre sitios, muestreos y periodicidad diaria).

RESULTADOS

Caudal general

El caudal general del río registró un promedio en el S1 de $0.516 \text{ m}^3/\text{s}$ (± 0.1346) y una velocidad promedio de la corriente de 0.206 m/s (± 0.0703), en el S2 estos valores fueron $0.316 \text{ m}^3/\text{s}$ (± 0.0674) y 0.251 m/s (± 0.0262), respectivamente. Los valores promedios tomados durante distintas horas del día (7:00, 15:00 y 23:00) mostraron un patrón similar en los dos sitios, con pequeñas disminuciones durante las horas de la noche. La velocidad de la corriente presentó la misma tendencia del caudal, con una menor variabilidad en el S2 (Tabla 1).

Densidad de deriva

Durante las campañas de muestreo se recolectaron en total 6786 individuos, repartidos en 3892 individuos en el S1 y 2894 individuos en el S2 y representando 11 órdenes y 31 familias. La densidad de deriva fue estadísticamente diferente entre los sitios estudiados ($K-W = 4.18$, $P = 0.040$, $n = 72$), con valores de $26,36 \text{ ind}/\text{m}^3$ (promedio: 0.0489 , $\pm 0,0870$) en S1 y $18,58 \text{ ind}/\text{m}^3$ (promedio: $0,0429$, $\pm 0,0733$) en S2. También se encontraron diferencias significativas entre los muestreos de los dos sitios ($K-W = 35,64$, $P < 0,01$ y $n = 24$), registrándose una mayor tendencia a derivar durante el tercer mes de S1 (Figura 2). A pesar que en ambos sitios la densidad de deriva fue mayor en

las horas de la noche que en las horas del día, solo S1 mostro diferencias estadísticas (K-W = 17,19, P = 0,004, n = 12; Tabla 2, Figura 3).

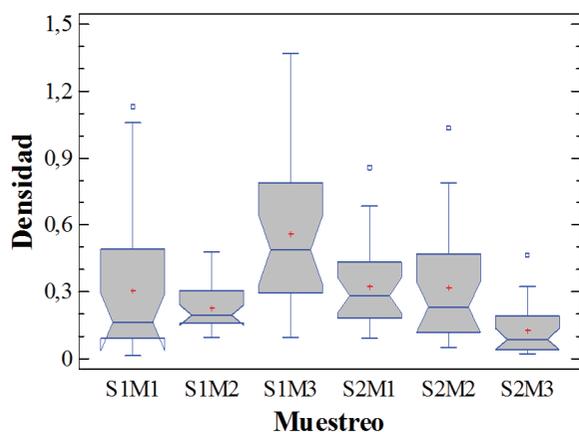


Figura 2. Gráfico de caja y bigotes representando la densidad de deriva entre muestreos en los sitios de estudio. El eje horizontal corresponden a S1M1: sitio uno, muestreo uno (n = 24); S1M2: sitio uno, muestreo dos (n = 24); S1M3: sitio uno, muestreo tres (n = 24); S2M1: sitio dos, muestreo uno (n = 24); S2M2: sitio dos, muestreo dos (n = 24); S2M3: sitio dos, muestreo tres (n = 24).

Tabla 2. Valores de densidad de deriva durante la periodicidad diaria (día-noche) en los sitios de estudio.

	SITIO 1		SITIO 2	
	Día	Noche	Día	Noche
n	36	36	36	36
Suma (ind/m ³)	7,92	18,38	6,58	12,00
Promedio (ind/m ³)	0,035	0,058	0,036	0,047
DE (±)	0,057	0,102	0,052	0,085

DE: Desviación estándar

A nivel general, los taxones que generaron el mayor aporte en la densidad promedio de deriva fueron Leptohiphidae, Chironomidae y Simuliidae. A nivel de muestreos, Leptohiphidae y Chironomidae fueron predominantes en el tercer mes de S1 y en el primer y segundo meses de S2. Cabe resaltar la notoria disminución que sufrió Simuliidae en la densidad de deriva de S1 y S2. Los grupos restantes mostraron comportamientos de deriva menos dinámicos, pero constantes durante casi todos los muestreos (Figura 4), en el segundo mes de S1 y en el tercer mes de S2, cuando hubo o una disminución. Las barras de desviación

presentaron grandes magnitudes, proporcional al aporte de la densidad de deriva exhibido por los taxones.

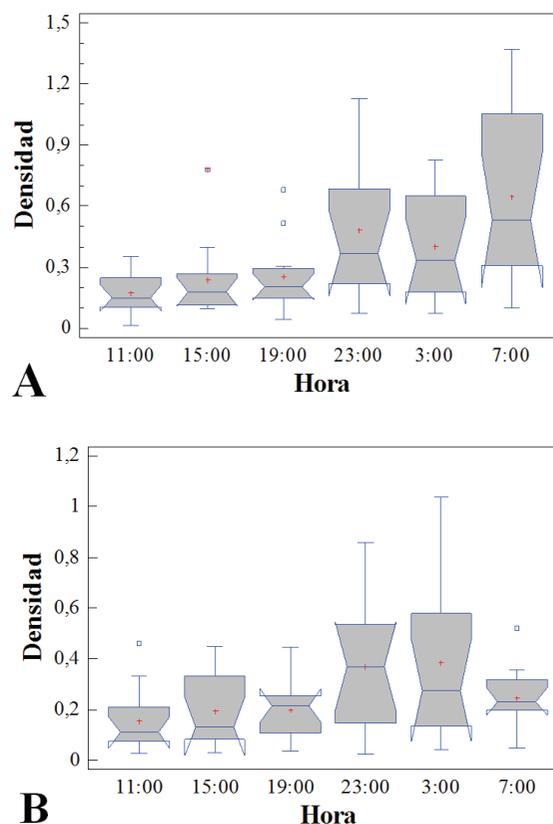


Figura 3. Gráfico de caja y bigotes para la periodicidad diaria de la densidad derivante por sitio (A: sitio uno y B: sitio dos). La línea dentro de las cajas corresponde a la mediana, el punto a la media, los ejes verticales son líneas de dispersión y los puntos equidistantes datos atípicos. El número de muestras tomadas en cada horario fue de 12.

Biomasa en deriva

La biomasa total de deriva fue estadísticamente diferente entre los sitios (K-W = 4,18, P = 0,040, n = 72), con un valor de 1,32 mg/m³ (promedio: 0,00065 mg/m³) en el S1 y 0,86 mg/m³ (promedio: 0,00049 mg/m³) en el S2.

A nivel de muestreos también hubo diferencias significativas (K-W = 23,04, P < < 0,01, n = 24), presentándose el mayor aporte y variabilidad de los datos en el tercer mes de S1; mientras los muestreos de S2 exhibieron una disminución paulatina, con menor variabilidad. Es importante resaltar la existencia de varios datos atípicos que pudieron estar generando ruido en el análisis (Figura 5).



Al igual que la densidad, la biomasa derivante fue mayor en las horas de la noche en los dos sitios, con valores estadísticamente diferentes en S1 ($K-W = 2.68$, $P < 0.01$, $n = 12$; Tabla 3, Figura 6).

A diferencia de lo encontrado para los taxones en la densidad de deriva, la biomasa exhibió un comportamiento diferente. El aporte en todos los muestreos de los dos sitios estuvo repartido de una forma más homogénea, observándose un gran número de familias con valores similares. Se resalta la disminución en el aporte de biomasa de Simuliidae y Blepharoceridae del S1 a S2. Es claro que existe una alta dispersión o variabilidad de los datos en el aporte de biomasa, principalmente en Hydropsychidae, Leptohyphidae, Baetidae, Leptophlebiidae y Elmidae, siendo más notorio en S2 (figura 7, Tabla 4).

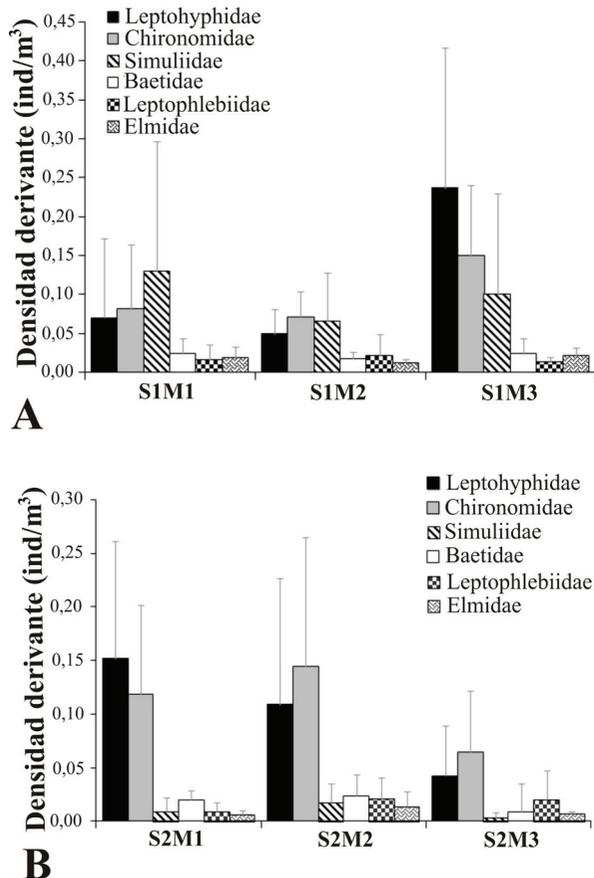


Figura 4. A) Densidad promedio de deriva para los taxones más representativas a nivel de familia durante las campañas de muestreo (M1: muestreo uno, M2: muestreo dos y M3: muestreo tres) en el sitio uno (S1) y B) en el sitio dos (S2). La barra de error corresponden a desviaciones estándar. El número de muestras utilizadas en cada grafico fue de 144.

DISCUSIÓN

El caudal y la velocidad de la corriente mostraron una tendencia a disminuir paulatinamente, siendo este comportamiento normal en un período caracterizado por la ausencia de lluvias. La diferencia en la densidad de deriva encontrada entre sitios (S1: 26,36 ind/m³ y S2: 18,58 ind/m³) puede estar relacionada con la alteración del caudal ocasionada por la estructura de captación en S2, registrándose en el momento de los muestreos mayores valores de caudal en S1.

En el S2 la regulación del caudal, seguida de eventos de arrastre o desestabilización de los sustratos (registradas por observación de los autores en el momento de la liberación del agua represada), podría estar ocasionando estrés sobre la comunidad de macroinvertebrados y un consecuente “empobrecimiento” de la comunidad, asociado a menores valores en la magnitud y frecuencias del régimen de caudal. Se debe tener en consideración que los procesos de sedimentación inhiben el crecimiento del perifiton como recurso, reducen la densidad de presas, la disponibilidad de oxígeno y los espacios intersticiales para refugio (Waters, 1995).

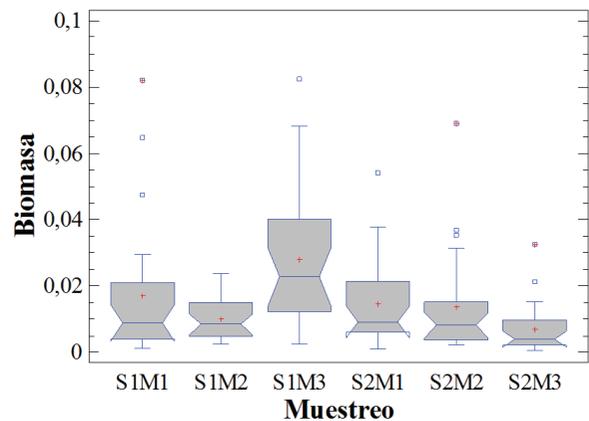


Figura 5. Gráfico de caja y bigotes representando la biomasa derivante entre muestreos en los sitios de estudio. El eje horizontal corresponden a S1M1: sitio uno, muestreo uno ($n = 24$); S1M2: sitio uno, muestreo dos ($n = 24$); S1M3: sitio uno, muestreo tres ($n = 24$); S2M1: sitio dos, muestreo uno ($n = 24$); S2M2: sitio dos, muestreo dos ($n = 24$); S2M3: sitio dos, muestreo tres ($n = 24$).

Culp et al. (1986), en experimentos de deposición y transporte de sedimento, demostraron que los macroinvertebrados en los rápidos responden diferencialmente como consecuencia del transporte de sedimentos, resultando en aumentos súbitos de deriva

(deriva catastrófica) en respuesta a la desestabilización del sustrato. Sugiriendo que este tipo de eventos hidrográficos actúan como disturbio sobre la comunidad más que sobre especies individuales. Imbert y Perry (2000), realizando manipulaciones en el flujo del agua, registraron incrementos en la deriva proporcionales al aumento en la descarga, con un posterior declive después de alcanzar el pico. Sin embargo, la magnitud y composición de los taxones en deriva fueron similares durante incrementos abruptos y paulatinos.

La correspondencia en la composición de los taxones entre los sitios estudiados se debe principalmente a su proximidad, situación que confiere condiciones similares en el ambiente y en la composición y distribución de los sustratos. No obstante, hubo substitución en la presencia o abundancia de algunas familias (e.g., Simuliidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae y Elmidae) entre los dos sitios, más evidente en la biomasa que en la densidad. En términos generales, los Dípteros (52,5%) con familias como Chironomidae (38,0%) y Simuliidae (14,5%) mostraron una mayor tendencia a derivar, seguido por Ephemeroptera (40,9%) con Leptohyphidae (34,0%) y Baetidae (4,7%); mientras Trichoptera (1,7%) y Coleóptera (1,2%) fueron menos vulnerables.

Tabla 3. Valores de biomasa derivante durante la periodicidad diaria (día-noche) en los sitios de estudio.

	SITIO 1		SITIO 2	
	Día	Noche	Día	Noche
n	36	36	36	36
Suma (mg/m ³)	0,3146	1,006	0,264	0,5823
Promedio (mg/m ³)	0,0004	0,0007	0,0003	0,0005
DE (±)	0,0012	0,0024	0,0006	0,0015

DE: Desviación estándar

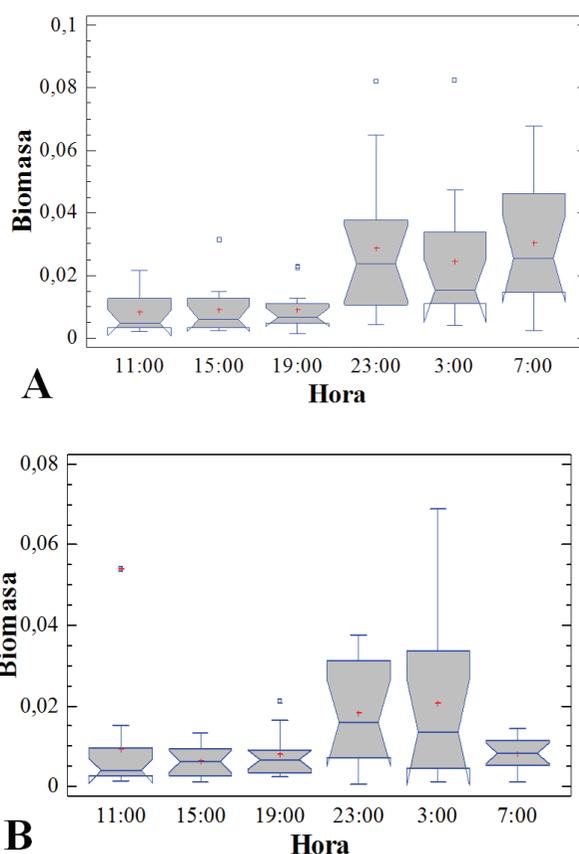


Figura 6. Gráfico de caja y bigotes para la periodicidad diaria de la biomasa derivante por sitio (A: sitio uno y B: sitio dos). La línea dentro de las cajas corresponde a la mediana, el punto a la media, los ejes verticales son líneas de dispersión y los puntos equidistantes datos atípicos. El número de muestras tomadas en cada horario fue de 12.

La composición de la deriva es muy variable, como lo demuestran numerosos estudios, y parece ser un reflejo de la composición bentónica. La dominancia de los grupos Díptera (principalmente Quironómidos) y Ephemeroptera también fue registrada en la deriva



de un río tropical en Brasil (Callisto et al., 2005), Nueva Zelanda (Shearer et al., 2002) y en Argentina (Grzybkowska et al., 2004), así como en la quebrada Paloblanco en Risaralda, Colombia (Bernal et al., 2006). Al parecer efemerópteros de la familia Leptohyphidae, presentes en el río Gaira, son muy susceptibles a derivar con la corriente (Reul, 2006).

Aunque la periodicidad diaria mostró variaciones, hubo una propensión de la fauna a derivar preferiblemente durante las horas de la noche, en magnitudes superiores a las registradas durante el día. Esto es una respuesta a la presencia de depredadores como peces y camarones adultos encontrados en los sitios de estudio, obligando a los animales a refugiarse durante las horas del día para disminuir las probabilidades de riesgo y salir a forrajear en las horas de la noche. Este tipo de deriva conductual descrita por Allan (1995) como “riesgo de depredación”, ha sido registrada por otros autores para el trópico (Flecker, 1992; Ramírez y Prigel, 2001; Boyero y Bosch, 2002; Oberto et al., 2004; Reuel, 2006). Para Colombia, Quiñones et al. (1998) encontraron el mismo comportamiento en el río Medellín, con deriva diurna de 108,2 ind/m³ y nocturnas de 162,3 ind/m³.

En el río Gaira, el factor tamaño de los organismos no tuvo un carácter conspicuo, siendo indiferente a lo propuesto por Allan (1978, 1984), en que grandes presas tienen un mayor riesgo a ser depredadas, y por ende, son estas las que exhiben una mayor propensión a derivar en las horas de la noche. Las tallas de la mayoría de los macroinvertebrados encontrados en este estudio fueron homogéneas y más bien pequeñas, con un tamaño promedio de 2.2 mm.

La biomasa de la fracción derivante de la comunidad bentónica mostró un comportamiento análogo a lo registrado por la densidad, en los tres factores analizados (sitios, muestreos y periodicidad diaria); con una magnitud de 1.32 mg/m³ en el S1 y 0.86 mg/m³ en el S2. Los grupos dominantes en cuanto a abundancia y aporte en la densidad de deriva correspondieron a los de mayor aporte en la biomasa, es decir, Ephemeroptera con 0,88 mg/m³ (promedio: 0,00070 mg/m³ ± 0,0017) y Díptera con 0,72 mg/m³ (promedio: 0,00082 mg/m³ ± 0,0012). Se observó también una distribución más homogénea en las proporciones de dicho aporte, debido a que las tallas fueron comúnmente similares en todos los taxones. Por lo tanto, claramente se observa

Tabla 4. Composición taxonómica registrada en los dos sitios muestreados. Ab = Número de individuos colectados, Prom. Valor promedio de las diferentes replicas calculadas, DE = una desviación estándar por encima y debajo del promedio. n = 144 en cada sitio.

Orden	Familia	Taxón	Sitio 1			Sitio 2		
			Ab	Prom.	DE (±)	Ab	Prom.	DE (±)
Coleoptera	Elmidae	Cylloepus	11	1,38	0,52	1	1	0
		Disersus	6	1,20	0,45	0	0	0
		Heterelmis	29	1,32	0,78	22	1,47	0,92
		Macrelmis	2	1	0	1	1	0
		Microcylloepus	10	1,43	0,53	3	1	0
		Onichelmis	0	0	0	1	1	0
		Phanocerus	2	1	0	0	0	0
Diptera	Blepharoceridae	Limnicola	45	1,96	1,40	3	1	0
		Ceratopogonidae	Atrichopogon	0	0	0	1	1
	Chironomidae	Chironominae	201	5,15	4,78	356	7,42	5,03
		Diamesinae	120	4,44	2,47	305	6,49	3,89
		Orthocladiinae	108	3,00	2,54	162	3,95	2,96
		Tanypodinae	38	1,90	1,92	43	1,87	1,22
		Culicidae	Aedenyia	1	1	0	0	0
		Culex	0	0	0	1	1	0
	Empididae	Hemerodromia	2	1	0	0	0	0
	Muscidae	Limnophora	0	0	0	1	1	0
	Psychodidae	Clogina	1	1	0	0	0	0
Maruina		21	1,40	0,51	1	1	0	
Pericoma		0	0	0	6	1,20	0,45	

Orden	Familia	Taxón	Sitio 1			Sitio 2			
			Ab	Prom.	DE (±)	Ab	Prom.	DE (±)	
Ephemeroptera	Simuliidae	Simulium	574	13,67	14,50	36	2,12	1,54	
	Stratiomidae	Odontomia	1	1	0	1	1	0	
	Baetidae	Baetodes	79	2,03	1,48	63	2,86	2,51	
		Camelobaetidius	13	1,30	0,48	0	0	0	
		Zelucia	16	1,23	0,44	75	2,78	3,18	
	Leptohyphidae	Leptohyphes	184	5,58	4,21	150	3,95	4,36	
Trycoritodes		166	5,19	5,44	862	17,96	17,30		
Hemiptera	Leptophlebiae	Thraulodes	29	2,42	2,11	64	2,56	2,20	
	Veliidae	Microvelia	1	1	0	1	1	0	
Odonata	Coenagrionidae	Acanthagrion	2	1	0	0	0	0	
		Argia	5	1	0	9	1,29	0,49	
		Hetaerina	3	1	0	0	0	0	
Plecoptera	Gomphidae	Phyllogomphoides	1	1	0	1	1	0	
	Libellulidae	Macrothemis	7	1,40	0,89	1	1	0	
Trichoptera	Perlidae	Anacronuria	5	1,25	0,50	2	1	0	
	Hydroptilidae	Leucotrichia	2	2	0	1	1	0	
Tricoptera	Hidropsychidae	Leptonema	15	1,25	0,45	35	1,84	1,01	
		Smicridea	39	1,77	1,07	8	1,33	0,52	
	Hydrobiosidae	Atopsiche	1	1	0	0	0	0	
	Hydroptilidae	Hydroptila	1	1	0	0	0	0	
		Leptotrichia	13	2,60	1,82	3	1	0	
		Leucotrichia	0	0	0	1	1	0	
		Neotrichia	14	1,40	1,26	3	1,50	0,71	
		Ocotrichia	2	1	0	1	1	0	
		Leptoceridae	Atanatolica	3	1,50	0,71	1	1	0
			Nectopsyche	2	1	0	1	1	0
	Philopotamidae	Triplectides	1	1	0	1	1	0	
		Chimarra	0	0	0	1	1	0	
		Wormaldia	1	1,00	0	8	1,33	0,82	
Total			1777			2236			



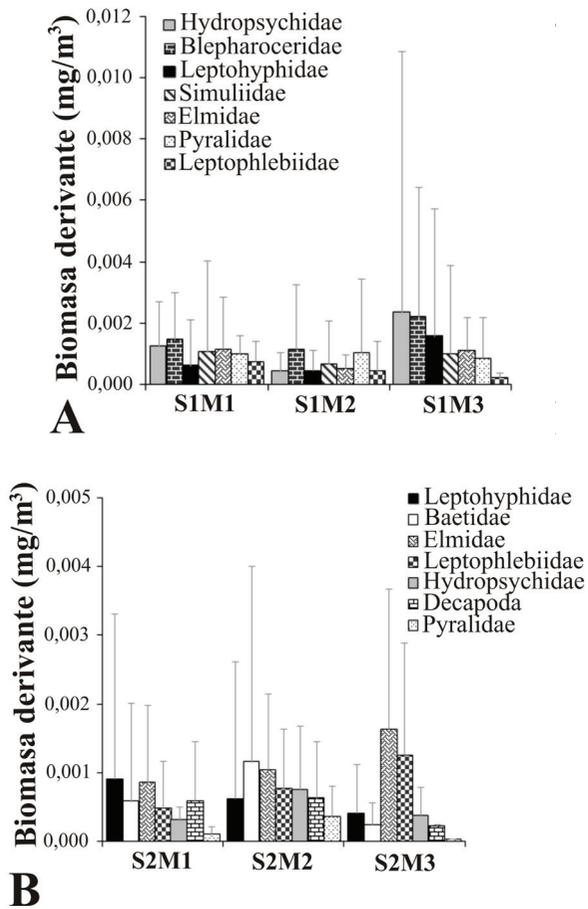


Figura 7. A) Biomasa promedio de deriva para los taxones más representativas a nivel de familia durante las campañas de muestreo (M1: muestreo uno, M2: muestreo dos y M3: muestreo tres) en el sitio uno (S1) y B) en el sitio dos (S2). La barra de error corresponden a desviaciones estándar. El número de muestras utilizadas en cada gráfico fue de 144.

que hubo mayor incidencia a causa de la abundancia y composición de la comunidad, que por el tamaño de los organismos. Las grandes magnitudes encontradas en las desviaciones de los valores de biomasa y densidad, generaron cierta incertidumbre en el análisis de la información y posiblemente enmascararon la realidad de los procesos en la comunidad de macroinvertebrados.

Estos resultados son consistentes con lo registrado para el trópico por autores como Shearer et al. (2002) en el río Maruia, en Nueva Zelanda, quienes registraron a efemerópteros (54,2%), coleópteros (10,5%) y Dípteros (9,0%), respectivamente. Igualmente, encontraron una mayor deriva en densidad y biomasa en el tope de la columna de agua (11,58 ind/m³ y 8,89 mg/m³) que en

el fondo (3,93 mg/m³ y 3,81 ind/m³), relacionando estos eventos al hecho de coleccionar proporcionalmente más adultos emergentes. Rodríguez et al. (2007), a lo largo de períodos climáticos diferentes, registran una tendencia similar entre la densidad y la biomasa, siendo dominada principalmente por trichópteros (2,13 mg/m³), Dípteros (1,36 mg/m³) y Coleópteros (0,27 mg/m³).

AGRADECIMIENTOS

A Cesar Tamariz por su colaboración y asesoría en la elaboración de este estudio; a la profesora Luz Adriana Velasco por permitir la estancia en la reserva “La Iguana Verde” y por toda su colaboración; a Rodrigo Turizo por sus asesorías en el proceso de identificación de los organismos y a Gilberto Orozco, Gaspar Polanco y Sandra Charris por su apoyo y colaboración en las salidas de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J.D. 1978. Trout predation and the size composition of stream drift. *Limnology and Oceanography*. 23:1231-1237.
- Allan, J.D. 1984. The size composition of invertebrate drift in a Rocky Mountain (Colorado, USA) stream. *Oikos*. 43:68-76.
- Allan, J.D. 1995. *Stream ecology: structure and function of running waters*. First edition. Chapman & Hall, New York.
- Baptista, D.F., D.F. Buss, L.F. M. Dorvillé y J.L. Nessimian. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal Gradient of the Macaé River Basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*. 61(2):249-258.
- Baumgärtner, D. y K.O. Rothaupt. 2003. Predictive length-Dry mass regressions for freshwater invertebrates in a Pre-Alpine lake littoral. *International Review of Hydrobiology* 88(5):453-463.
- Benke, A.C., A.D. Hurny, L.A. Smock y J.D. Wallace. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the Southeastern United States. *Journal of the North American Benthological Society* 18(3):308-343.
- Benson, L.J. y R.G. Pearson. 1987. Drift and upstream movement in Yuccabine Creek, an Australian tropical stream. *Hydrobiologia* 153:225-239.
- Bernal, E., D. Garcia, M.A. Novoa y A. Pinzón. 2006. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del Río Otún (Risarlada, Colombia). Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Boyero, L. y J. Bosch, 2002. Spatial and temporal variation of macroinvertebrate drift in two neotropical streams. *Biotropica* 34, 567-574.
- Brittain, J.E. y T.J. Eikeland. 1988. Invertebrate drift - A review. *Hydrobiologia* 166:77-93.

- Callisto, M. y M. Goulart. 2005. Invertebrate drift along a longitudinal gradient in a Neotropical stream in Serra do Cipó National Park, Brazil. *Hydrobiologia* 539:47-56.
- Cressa, C. 1999. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. *Revista de Biología Tropical* 47(1-2):133-141.
- Culp, J.M., F.J. Rona y R.W. Davies. 1986. Response of stream benthos to drift and fine sediment deposition versus transport. *Canadian Journal of Zoology* 64:1345-1351.
- Culp, J.M., N.E. Glozier y G.J. Scrimgeour. 1990. Reduction of predation risk under the cover of darkness: avoidance responses of mayfly larvae to a benthic fish. *Oecologia*. 1991. 86:163-169.
- Flecker, A.S. 1990. Community structure in neotropical streams: fish feeding guilds, disturbance and influence of direct versus indirect effects of predators on their prey. Ph.D. thesis. University of Maryland, College Park, Washington, D.C. 218p.
- Flecker, A.S. 1992. Fish Predation and the Evolution of Invertebrate Drift Periodicity: Evidence from Neotropical streams. *Ecology* 73 (2):438-448.
- Frayter, V., E. Jiménez, R. Pabón, y O. Valero. 2000. Plan de manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Gaira. Tesis de Pregrado. Universidad del Magdalena, Santa Marta
- Galdean, N., M. Callisto y F. Barbosa. 2001. Biodiversity assessment of benthic bajo in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, Brazil). *Revista Brasileira de Biologia* 61(2):239-248.
- Grzybkowska, M., M. Dukowska, K. Figiel, E. Szczerkowska y M. Tszedel. 2004. Dynamics of macroinvertebrate drift in a lowland river. *Zoologica Poloniae* 49(1-4): 111-127.
- Hieber, M., C. Robinson y U.R.S. Uehlinger. 2003. Seasonal and diel patterns of invertebrate drift in different alpine stream types. *Freshwater Biology* 48:1078-1092.
- Imbert, J.B. y J.A. Perry. Drift and benthic invertebrate responses to stepwise and abrupt increases in non-scouring flow. *Hydrobiologia* 436:191-208.
- Krueger, C.C. y E.F. Cook. 1981. Life cycles, drift and standing stocks of some stoneflies (Insecta: Plecoptera) from streams in Minnesota, USA. *Hydrobiologia* 83:85-92.
- March, J.G., J.P. Benstead, C.M. Pringle, y N. Scatena. 1998. Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 40:261-273.
- McIntosh, A.R. y C.R. Townsend. 1994. Interpopulation variation in mayfly anti-predator tactics: differential effects of contrasting predatory fish. *Ecology* 75:2078-2090.
- Oberto, A.M., G.B. Raffaini y M.C. Corigliano. 2004. Diel variations in macroinvertebrate drift in a mountain stream. *Acta Limnológica Brasileira* 16 (2):175-182.
- Oliveira, L. 1944. Introdução ao estudo da limnologia. The Amazon Limnology and landscape Ecology of the might tropical river in its basin. 1984. Trabajos de lagunas Brasileñas 1915-1983. II Congreso Brasileiro de Limnologia. 1988.
- Otto, C. 1976. Factors affecting the drift of *Potamophylax cingulatus* (Trichoptera) larvae. *Oikos* 27:292-301.
- Pringle, C. y A. Ramírez. 1998. Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology* 39:359-375.
- Quiñones, M.L., J.J. Ramírez y A. Díaz. 1998. Estructura numérica de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de rital del río Medellín. *Actualidades Biológica* 20(69):75-86.
- Ramírez, A. y C.M. Pringle. 1988. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland tropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* 386:19-26.
- Ramírez, A. y C.M. Pringle. 2001. Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a Neotropical landscape. *Freshwater Biology* 46:47-62.
- Reuel, P. 2006. Macroinvertebrate structure and drift in the Blanco River: A karst Texas stream subject to hydrologic variability. Master of Science Thesis, San Marcos, EE. UU.
- Rigler, F.H. y J.A. Downing. 1984. The calculation of secondary productivity. En: Benke, A. A.C., A.D. Huryn, L.A. Smock y J.D. Wallace. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the Southeastern United States. *Journal of the North American Benthological Society* 18(3):308-343.
- Rodríguez, B., R. Ospina-Torres, M. Berrío, B. Cepeda, G. Castellano, M. Valencia. 2006. Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 11, suppl.1. 47-53.
- Rodríguez, B., Ospina - Torres R., Gutierrez, J.D. y H. Ovalle. 2007. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). *Caldasia* 29(2):397-412.
- Roldán, G.A. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Rueda-Delgado, G., G. Cotes, E. Carbonó, W. López, M. Castillo y D. Serna. 2005. Lineamiento de un programa de aseguramiento de la oferta hídrica del Río Gaira a partir de la evaluación de la integridad biológica de la cuenca (Serranía San Lorenzo: SNSM: Magdalena: Colombia). Informe final convenio interadministrativo de cooperación técnica y financiera entre el DADMA y la Universidad del Magdalena.
- Shearer, K.A., W.J. Hayes, J.D. Stark. 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.
- Smock, L. 1980. Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology* 10:375-383.
- Smock, L. 1996. Macroinvertebrate movements: Drift, colonization, and emergence. En: Statzer, B., C. Dejoux, y J.M. Elouard. 1984. Field experiments on the relationship between drift densities of aquatic insects in tropical streams (Ivory coast). *Revue D'hydrobiologie tropicale* 17:319-334.



Tanaka, H. 1960. On the daily change of the drifting of benthic animals in stream, especially on the types of daily changes observed in taxonomic groups of insects. Bulletin of the Freshwater Fish Research Laboratory, Tokyo 9:13-24.

Tockner, K. y J.A. Waringer. 1997. Measuring drift during a receding flood: results from an Austrian mountain brook (Ritrodlat-Lunz). Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 82(1):1-13.

Ward, D., N. Holmes y P. José. 1995. The New Rivers & Wildlife Handbook. RSPP, NRA e The Wildlife Trusts, Bedfordshire.

Waters, T.F. 1962. Diurnal periodicity in the drift of stream invertebrates. Ecology 43:316-320.

Waters, T.F. 1972. The drift of stream insects. Annual Review of Entomology 17:253-272.

Waters, T.F. 1995. Sediment in streams: sources, biological effects and control. American Fisheries Society, Monograph 7.

Fecha de Recepción: 02/02/2011

Fecha de Aceptación: 10/10/2012