

Distribución del bentos y la deriva de macroinvertebrados en tramos fluviales con diferentes condiciones de estrés ambiental.*

GUALDONI C. M.¹ & CORIGLIANO M¹. DEL C.

¹ Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Agencia Postal 3, X5804 ZAB - Río Cuarto, Argentina. - E-mail: cgualdoni@exa.unrc.edu.ar

* Trabajo realizado con subsidio de CONICET, CONICOR y SECyT (UNRC).

RESUMEN: Distribución del bentos y la deriva de macroinvertebrados en tramos fluviales con diferentes condiciones de estrés ambiental. El río Chocancharava (Córdoba, Argentina) es un curso de mediano orden con características fisiográficas poco comunes en la literatura bentológica. Por este motivo se consideró relevante determinar los patrones de distribución espacial y temporal del bentos y la deriva en el gradiente longitudinal. Además, se analizó la respuesta de las comunidades en un tramo afectado por contaminación cloacal. Se colectó el bentos y deriva en diferentes tramos altitudinales, en condiciones de alto y bajo caudal. La clasificación por TWINSpan sugirió que el bentos y la deriva se distribuyeron en agrupaciones características de ritron, piedemonte, y potamon. La sustitución de especies a través del gradiente longitudinal fue gradual. Sin embargo, en la zona de estrés ambiental, las relaciones de abundancia y riqueza se alteraron, afectando la continuidad de gradiente. Se determinaron especies eurizontales y estenozonales. En todos los sitios dominaron especies de Ephemeroptera, excepto en el sector contaminado, donde Nematoda, *Nais variabilis*, *Limnodrilus hoffmeisteri* y *Chironomus* sp. fueron más abundantes. Río abajo de este sector Chironomidae dominó el bentos, disminuyeron las densidades de Nematoda y Oligochaeta y se incrementó la de Ephemeroptera. El aporte de contaminantes limitó la diversidad de los taxones sensibles y favoreció la expansión de poblaciones tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno. Algunos derivantes superaron la zona de estrés, indicando que la deriva sería un mecanismo adecuado para traspasar barreras ecológicas. La recuperación del bentos estaría favorecida por el incremento del recurso trófico, por la recolonización por deriva y por la migración desde el hiporreos.

Palabras-clave: ríos, bentos, deriva, contaminación orgánica, gradiente longitudinal.

ABSTRACT: Benthic and drift macroinvertebrate distribution at fluvial stretches with different conditions of environmental stress. The Chocancharava river (Córdoba, Argentina) is a median order watercourse, whose physiographical characteristics are uncommon in the benthological literature. So it was considered relevant to determine spacial and temporal distributional patterns of benthos and drift in the longitudinal gradient. Community responses at a stretch affected by sewage contamination were also analyzed. Benthos and drift were sampled in several altitudinal sectors, under high and low discharge conditions. TWINSpan classifications suggested that benthos and drift were distributed in characteristic species assemblages of rhithron, piedmont, and potamon. Species substitutions were gradual along longitudinal gradient. However, abundance and species richness relationships changed in stressed environmental reaches, affecting this longitudinal gradient continuity. Eurizonal and estenozonal species were determined. Ephemeroptera species dominated at all sites, except at polluted sector, where Nematoda, *Nais variabilis*, *Limnodrilus hoffmeisteri* and *Chironomus* sp. were more abundant. Downstream of this sector, Chironomidae was dominant, Nematoda and Oligochaeta densities diminished and Ephemeroptera population density increased. Pollutant releases limited the diversity of sensitive taxa and favored the expansion of populations that are tolerant to low oxygen concentration. Some drifting organisms surpassed stressed zone, indicating that the drift would be an adequate mechanism to transverse ecological barriers. Benthos recuperation would be favored by the increased supply of food, by drift recolonizations and by migrations from hyporheic zone.

Key-words: rivers, benthos, drift, organic pollution, longitudinal gradient.

Introducción

Desde las nacientes a la desembocadura, los ríos constituyen una serie de integraciones longitudinales de hábitats, que solo pueden compararse considerando los diferentes tramos fluviales (Vanotte *et al.*, 1980). Un factor determinante para las poblaciones de cada sector, es la presión colonizadora del bentos movlizado desde los tramos superiores. La deriva es una característica de los ambientes lóticos, por lo cual, el análisis de la organización longitudinal de las comunidades debe considerar el sucesivo reemplazo de las poblaciones bentónicas y de los individuos en transporte.

La deriva fluvial es un medio de dispersión y facilita la recuperación de tramos empobrecidos por el efecto de contaminantes (Allan 1995). Desde que Waters (1972) definió la deriva catastrófica como resultante de disturbios que afectan al bentos, muchos trabajos han reportado reducciones en la densidad bentónica, y derivas masivas producidas por contaminación química (Kreutzweiser & Sibley, 1991; Mackay, 1992; Reice & Wohlenberg, 1993). Sin embargo, hay pocas referencias sobre los cambios que se suceden en la deriva constante, al atravesar zonas afectadas por contaminantes orgánicos, y su implicancia ecológica en la recuperación del bentos río abajo del tramo perturbado.

En ríos del sur de la provincia de Córdoba se han detectado alteraciones de la estructura de la comunidad bentónica producidas por contaminantes (Gualdoni & Oberto, 1998). La contaminación orgánica generalmente reduce la diversidad; sin embargo, puesto que la abundancia del recurso trófico beneficia a algunas especies, la densidad en el bentos puede incrementarse (Ward, 1992; Barbour *et al.* 1996).

Estudios realizados en el hemisferio norte han permitido desarrollar teorías que explican el fenómeno de deriva (Waters, 1965, 1972; Brittain & Elkeland, 1988; Allan, 1995). Estas teorías, originadas en sistemas de no más de cuarto orden, se han transferido a cursos de agua mayores (Obi & Conner, 1986; Cellot, 1989; Koetsler & Bryan, 1995; 1996), sin embargo, los registros en ríos de mediano orden, particularmente de la región Neotrópica, son escasos. Asimismo, son pocos los estudios orientados a determinar, simultáneamente, la composición cuali-cuantitativa y las variaciones espacio-temporales del total de organismos bentónicos y derivantes (Cellot, 1989; Obi & Conner, 1986). En nuestro país la relación entre el bentos y la deriva ha sido estudiada en ambientes lóticos del sur de Córdoba (Corigliano *et al.*, 1987, 1998; Gualdoni & Corigliano, 1999).

En este trabajo se examina el bentos y la deriva de un río de mediano orden, que no recibe afluentes en el potamon superior. En la literatura bentológica existen pocos antecedentes de estudios en tramos con estas condiciones geográficas, por lo que se consideró relevante, el análisis integral de sus comunidades. Los objetivos de este estudio fueron: (I) determinar las variaciones espacio-temporales de los patrones de distribución del bentos y la deriva en el gradiente longitudinal del río Chocancharava y (II) analizar la respuesta de la comunidad bentónica y su fracción derivante en un tramo afectado por contaminación orgánica.

Material y Métodos

Se seleccionaron 10 sitios ubicados en diferentes tramos altitudinales del río Chocancharava y uno de sus afluentes, el río Piedra Blanca, integrantes de la cuenca del río Paraná (Fig. 1). El río Chocancharava recibe todos sus afluentes en el área serrana y recorre una amplia zona de llanura como único colector. Posee régimen hídrico pluvial, con épocas de estiaje entre mayo y septiembre, períodos de aguas altas entre noviembre y abril, y creciente en verano. El tramo serrano, de piedemonte y de potamon superior (sitios 1 a 5) posee aguas de buena calidad biológica; en la llanura, la inmisión de efluentes cloacales deteriora la calidad (sitio 6, 7 y 8) y río abajo las condiciones se restablecen paulatinamente (sitios 9 y 10) (Gualdoni & Oberto, 1998). Los parámetros geomorfológicos que caracterizan las estaciones de muestreo se presentan en la tabla 1.

Cada sitio se visitó semestralmente, durante los períodos de alto y bajo caudal de 1993 y 1994, totalizando 4 campañas de muestreo. El bentos se colectó con redes de

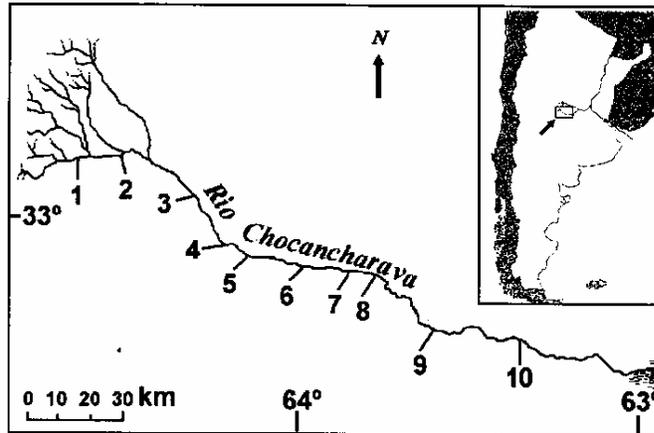


Figura 1: Ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca del río Chocancharava.

Tabla 1: Parámetros fisiográficos de los sitios de muestreo en la cuenca del río Chocancharava.

Sitios de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altitud (msnm)	618	548	468	433	410	325	290	260	200	165
Pendiente (m.km ⁻¹)	13,7	7,7	3,3	2,9	3,3	3,9	1,8	1,4	1,5	0,9
Caudal (m ³ .seg ⁻¹)	2,99	3,56	3,56	3,50	3,60	3,90	4,20	4,50	5,50	5,86
Número de orden	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7
Distancia de la surgente (km)	35	46	70	82	89	111	130	151	191	229
Área de drenaje (km ²)	340	1.450	1.680	1.770	1.809	1.910	2.050	2.100	2.265	2.485
Morfología del sector	Serrano	Anastomosado				Meandrinoso				
Tipo de hábitat	Ritron	Transición			←----- Potamon -----→					

mano de marco D, de 300 μ de abertura de malla, recorriendo transectas de orilla a orilla, durante 10 minutos. Se tomaron 40 muestras, una en cada sitio, período hidrológico y año de muestreo. Los organismos derivantes se colectaron con redes de deriva, de 300 μ de abertura de malla, ubicadas por duplicado, a 2 metros de la orilla, durante 60 minutos. Se tomaron 80 muestras, 2 en cada sitio, período hidrológico y año de muestreo. Paralelamente se registró el ancho y profundidad del cauce, el caudal filtrado por las redes de deriva y la velocidad de corriente. Los sólidos suspendidos se midieron con Cono de Imhoff, y la temperatura del agua, el pH, la conductividad y los sólidos disueltos con sensores portátiles. Los datos de caudal se consultaron de Agua y Energía Eléctrica (1991), los de materia orgánica de Corigliano *et al.* (1994) y la morfología de cada sector se determinó según Gilvear & Bravard (1996).

Los recuentos se realizaron con microscopio estereoscópico hasta totalizar 100 individuos del taxon dominante. Los taxones que no superaron el 0,5 % de la densidad total de cada muestra fueron excluidos. Los especímenes se determinaron hasta el nivel taxonómico más preciso posible. Cuando la determinación específica no fue posible, se identificaron las morfoespecies con sufijos numéricos.

La densidad bentónica se expresó como Ind.10 min⁻¹ y la densidad de deriva como Ind.100m⁻³. La distribución espacial y temporal del bentos y la deriva se examinó mediante la técnica de clasificación TWINSpan (Two way indicator species analysis) (Hill, 1979), aplicada a dos matrices, una de bentos y otra de deriva, previa transformación de los datos a ln (x+1). Los sitios se clasificaron hasta el nivel 4 y los taxones hasta el 6; los niveles de corte de las pseudoespecies fueron: 0, 2, 5, 10 y 20.

Resultados

Los registros medios de las variables hidrológicas, físicas y químicas que caracterizaron cada sitio durante los períodos estudiados, se resumen en la tabla II. La amplitud y profundidad del cauce se incrementaron a lo largo del perfil longitudinal, y el tamaño del sedimento disminuyó en el mismo sentido. Los valores máximos de velocidades de corriente se registraron en los sitios de muestreo 1, 3, 4 y 5, y a partir de allí disminuyeron a medida que se suavizó la pendiente. El pH, fluctuó en torno a 8,3, con ligeros incrementos en períodos de aguas bajas. La conductividad y los sólidos disueltos aumentaron progresivamente en el gradiente altitudinal y alcanzaron los máximos valores en los meses de estiaje. No se detectaron sólidos suspendidos en los dos sitios de mayor granulometría y en el resto de las localidades los valores se incrementaron en relación inversa al tamaño de sedimento.

Tabla II: Valores medios de las variables hidrológicas, físicas y químicas registradas en los sitios de muestreo en la cuenca del río Chocancharava.

Sitios de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ancho del canal (m)	15±1	17±4	45±20	80±28	40±12	50±20	90±10	70±30	60±11	45±14
Velocidad de corriente (cm.s ⁻¹)	57±21	44±13	47±13	55±7	53±7	45±3	45±3	45±5	45±8	35±11
Profundidad (cm)	30±11	20±9	30±15	20±18	40±20	35±15	30±11	35±13	40±25	40±20
Tamaño de sedimento (µm) *	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1
Temperatura del agua (°C)	15,8±1,3	18,4±2,5	19,2±2,8	16,5±15,4	19,2±9,0	14,9±3,3	21,0±4,6	18,5±4,6	16,5±3,6	16,4±3,4
pH	8,4±0,1	8,1±0,0	8,3±0,2	8,3±0,2	8,6±0,1	8,4±0,1	8,3±0,4	8,3±0,5	8,4±0,5	8,4±0,2
Conductividad (20 °C) (µS.cm ⁻¹)	155,9±21	168,5±27	237,6±38	236,1±17	277,3±31	303,5±36	308,2±45	348,7±60	421,5±86	494,1±91
Sólidos suspendidos (cm ³)	0,01±0,0	0,0±0,0	0,1±0,1	0,2±0,1	0,2±0,0	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,3	0,8±0,1	0,9±0,1
Oxígeno disuelto (mg.l ⁻¹)**	7,40	9,50	8,90	8,40	8,50	9,90	8,40	7,90	8,50	8,80
Redox**	20,00	19,52	19,00	19,73	19,50	15,00	18,00	19,80	19,60	19,60
COD (mg.l ⁻¹)**	0,20	0,61	0,70	0,77	1,88	0,78	1,33	1,57	1,99	1,99
Permanganato (mg.l ⁻¹)**	2,00	3,98	3,00	2,13	2,29	3,16	1,34	2,50	3,00	3,00

* Tamaño del sedimento dominante: 3, > 16 mm; 2, 16 - 0,25 mm; 1, < 0,25 mm.

** Tomado de Corigliano et al. 1994

La mayoría de los taxones hallados en el bentos estuvieron representado en la deriva a lo largo del perfil longitudinal. Se cuantificaron 94 taxones bentónicos y 105 derivantes. En ambas fracciones Ephemeroptera y Oligochaeta fueron los más representados, Trichoptera y Coleoptera fueron más abundantes en los tramos serranos, y Heteroptera y Odonata en los sitios de llanura.

La densidad bentónica media disminuyó desde el tramo serrano a los de llanura, pero en los meses de menor caudal, aguas abajo del punto de inmisión del desagüe contaminante, los valores se incrementaron bruscamente (Fig. 2a). En los tramos previos a la descarga cloacal las mayores densidades correspondieron a Ephemeroptera, que aportó el 74 % de la fauna, y a partir del sitio 6 sólo representaron el 6 % de los organismos, ya que las densidades más elevadas correspondieron a Annelida, Nematoda y Chironomidae (Fig. 3a). Aunque en el bentos algunas especies como *Nais variabilis*, *Baetis* sp., *Pentaneura* sp., *Polypedilum* sp. y *Thienemanniella* sp. se colectaron en la mayoría de las localidades, la especie dominante varió a lo largo del perfil longitudinal.

La aplicación de TWINSpan a las muestras de bentos, indicó que la primera agrupación de sitios fue determinada por las densidades de *Leptohyphes* sp., que separaron las localidades de mayor altitud de las ubicadas en el potamon (Fig. 4). En los niveles sucesivos se separaron 7 grupos de sitios. Los grupos 1 y 2 reunieron muestras del sector serrano y de piedemonte respectivamente, con elevados porcentajes de Ephemeroptera. En el primero, *Baetis* sp., *Camelobaetidius penai*,

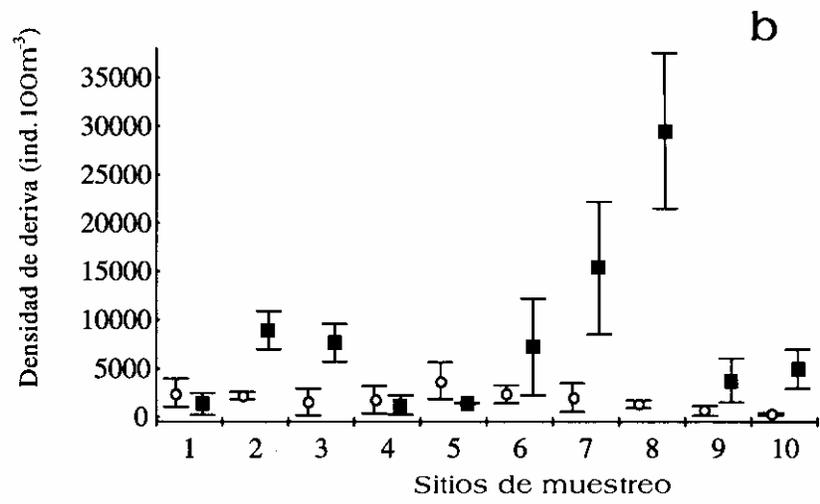
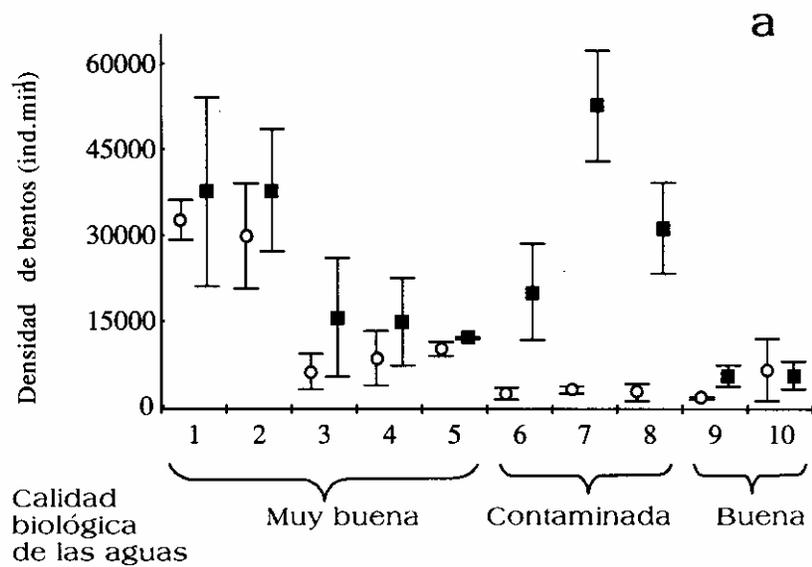


Figura 2: Densidad media (\pm 1Ds) del bentos (a) y la deriva (b) en los sitios de muestreo del río Chocancharava en condiciones de aguas bajas (■) y aguas altas (○).

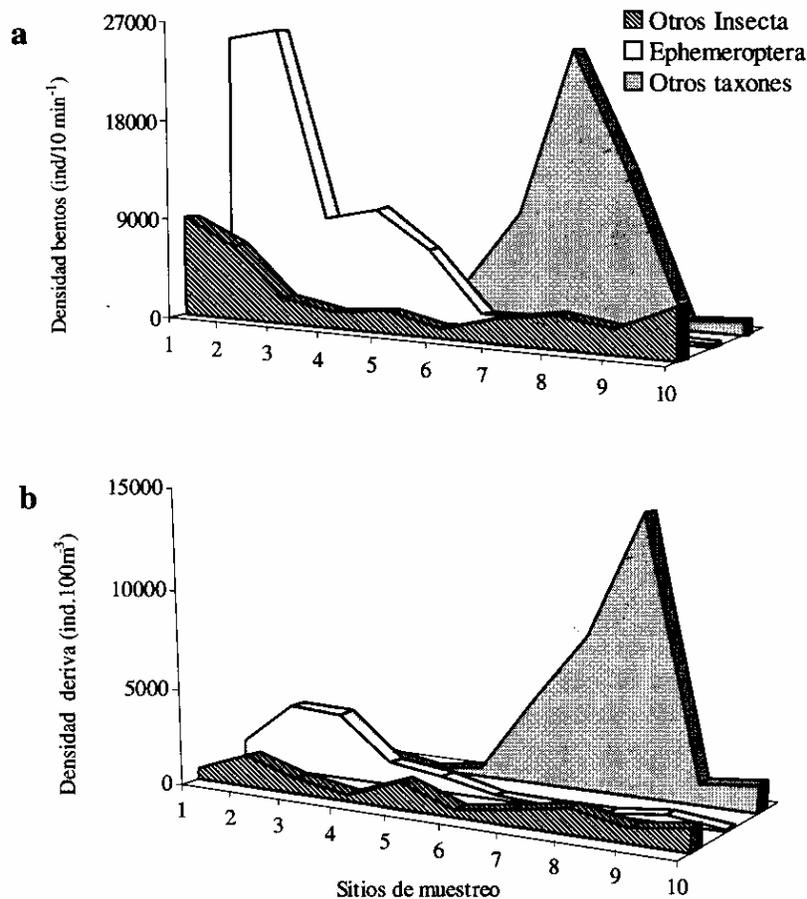


Figura 3: Densidad media de los principales grupos de macroinvertebrados en el bentos (a) y la deriva (b) de los sitios de muestreo del río Chocancharava.

Leptohyphes sp., y *Tricorythodes* sp., asociadas a *Chimarra argentinica*, *Simulium wolffhuegell*, *Thienemanniella* sp. y *Polypedilum* sp. El grupo 2 se caracterizó por las elevadas densidades de *Baetis* sp., *Paracloeodes* sp., *Thienemanniella* sp. y *Pentaneura* sp. En las agrupaciones de llanura se observaron elevados porcentajes de Oligochaeta y Chironomidae, a excepción del grupo 3, que se separa del resto por la abundancia de Ephemeroptera, principalmente *Paracloeodes* sp., asociada a *Nais variabilis* y *Polypedilum* sp. Los grupos 4.1 y 4.2 reunieron los sitios localizados aguas abajo del efluente cloacal, y presentaron elevadas densidades de *Chironomus* sp., Nematoda, *Nais variabilis* y *Limnodrilus hoffmeisteri*, y la presencia de *Pristina aequalseta* solo en el primer grupo. Varios taxones diferenciales y *Leptohyphes* sp., como especie indicadora originaron los grupos 5.1 y 5.2, con elevadas densidades de Oligochaeta y la dominancia *Polypedilum* sp. y *Thienemanniella* sp. *Chironomus* sp. Las muestras de aguas altas y de aguas bajas de cada sitio fueron clasificadas en el mismo grupo, a excepción de los sitios 8 y 10 que se separaron en los períodos de aguas bajas.

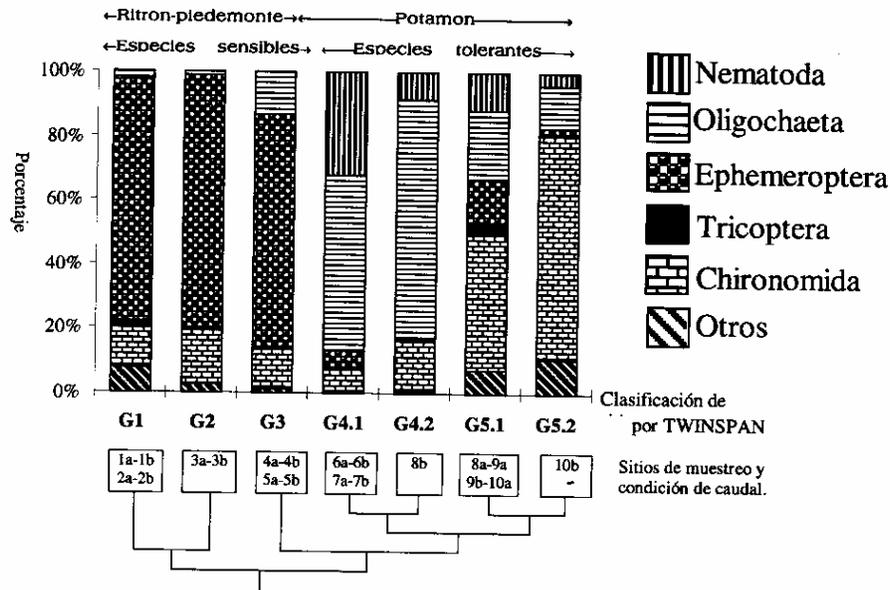


Figura 4: Clasificación de los sitios de muestreo por TWINSPAN y distribución porcentual de los taxones más abundantes del bentos en el perfil longitudinal del río Chocancharava. a: Periodos de aguas altas; b: periodos de aguas bajas.

Los primeros tres niveles de la clasificación de los taxones bentónicos determinaron cuatro grupos principales (Fig. 5). El grupo 1 se formó con especies colectadas en el tramo serrano, el grupo 2 con taxones provenientes del piedemonte, y las dos agrupaciones restantes correspondieron a las colectas realizadas en los sitios de llanura. Las especies de amplia distribución como *Baetis* sp., *Thienemanniella* sp., *Polypedilum* sp. fueron clasificadas en el grupo 3. En el grupo 4 se separaron dos asociaciones, una con organismos provenientes de muestras de los tramos contaminados y la otra con los taxones colectados en el área recuperada.

En deriva la densidad promedio también varió entre ambas condiciones de caudal. En época de estiaje, fue más elevada en el sector de piedemonte, descendieron en los primeros tramos de llanura y se incrementaron nuevamente a partir del sitio 6 (Fig. 2b). Durante los periodos de aguas altas los registros fueron comparativamente bajos. En los cuatro sitios de mayor altitud Ephemeroptera contribuyó con el 70 % del bentos, en la localidad 5 el porcentaje desciende a 30 %, y río abajo del effluente cloacal Annelida, Nematoda y Chironomidae fueron más abundantes (Fig. 3b).

El análisis de TWINSPAN aplicado a las muestras de deriva, indicó que la distribución de los sitios en el primer nivel fue determinada por abundancia relativa de *Baetis* sp., que separó dos grupos principales. Uno que reunió las muestras de las localidades 1 a 4, caracterizado por elevados porcentajes de Ephemeroptera (Fig. 6). El otro incluyó las muestras de los sitios 6 a 10 y estuvo dominado por Oligochaeta. Las muestras de aguas altas y aguas bajas del sitio 5 se distribuyeron en uno y otro grupo respectivamente. Los sucesivos niveles de división determinaron la formación de 7 grupos. En el grupo 1 *Camelobaetidius penai*, *Baetis* sp., y *Paracloeodes* sp., fueron dominantes. Estas dos últimas especies también fueron las más abundantes en el grupo 2.1, junto con *Thienemanniella* sp., y en el grupo 2.2 con *Polypedilum* sp. En los grupos restantes la especie dominante fue *Nais variabilis*, asociado a Nematoda, *Ophidonais serpentina*, y *Paracloeodes* sp., en el grupo 3.1; a Nematoda y *Chironomus* sp. en el grupo 3.2; a Nematoda y *Ophidonais serpentina* en el grupo 4.1 y a *Chironomus* sp. en el grupo 4.2. *Pristina aequilseta* y *Paracloeodes* sp., fueron las especies diferenciales que limitaron estos cuatro grupos. Aunque el patrón de distribución de los sitios coincidió con su localización geográfica en el

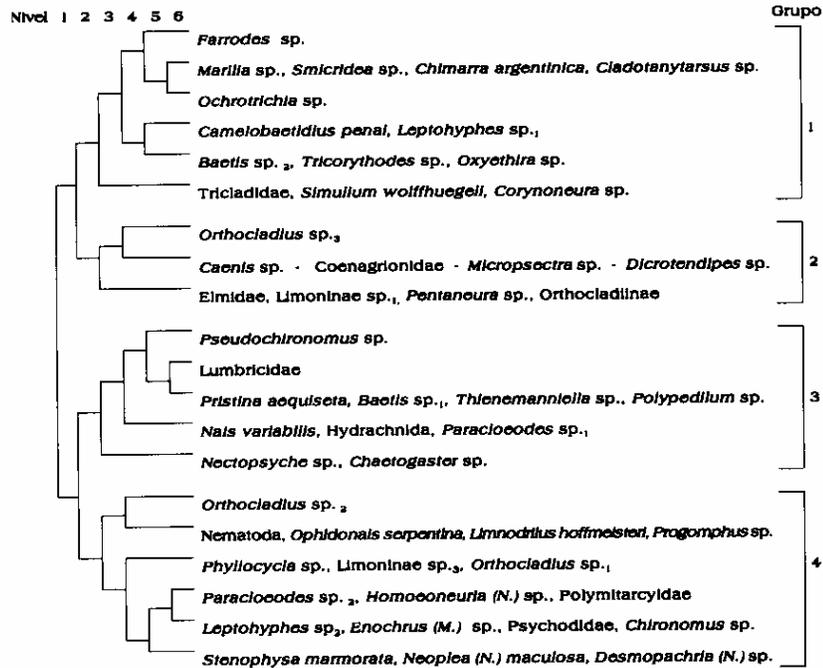


Figura 5: Clasificación de los taxones bentónicos, resultante de la aplicación de TWINSpan.

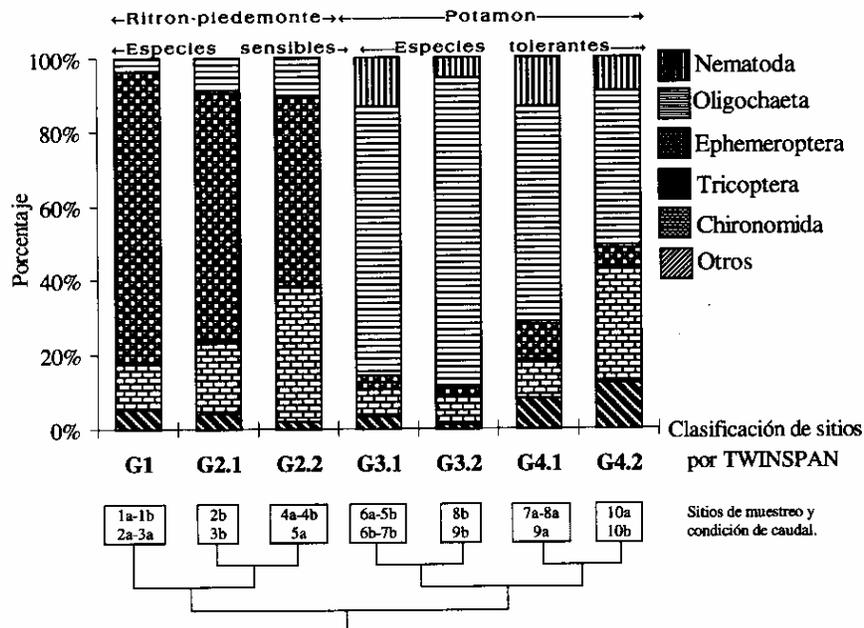


Figura 6: Clasificación de los sitios de muestreo por TWINSpan y distribución porcentual de los taxones más abundantes de la deriva en el perfil longitudinal del río Chocancharava: a: períodos de aguas altas; b: períodos de aguas bajas.

perfil longitudinal, la mayoría de las muestras tomadas en aguas altas se segregaron de las realizadas en los períodos de aguas bajas.

En el dendrograma resultante de la clasificación de taxones, la agrupación de derivantes fue semejante a la producida a partir del bentos. Los dos primeros niveles determinaron cuatro grupos (Fig. 7). Las especies provenientes de ambientes de mayor altitud se reunieron en el grupo 1, que incluye principalmente efemerópteros, tricópteros y quironómidos. Los 3 grupos restantes reunieron los organismos colectados en los tramos potámicos. Dentro del grupo 4 se segregaron los taxones colectados en el área contaminada de los hallados en el tramo recuperado de la perturbación.

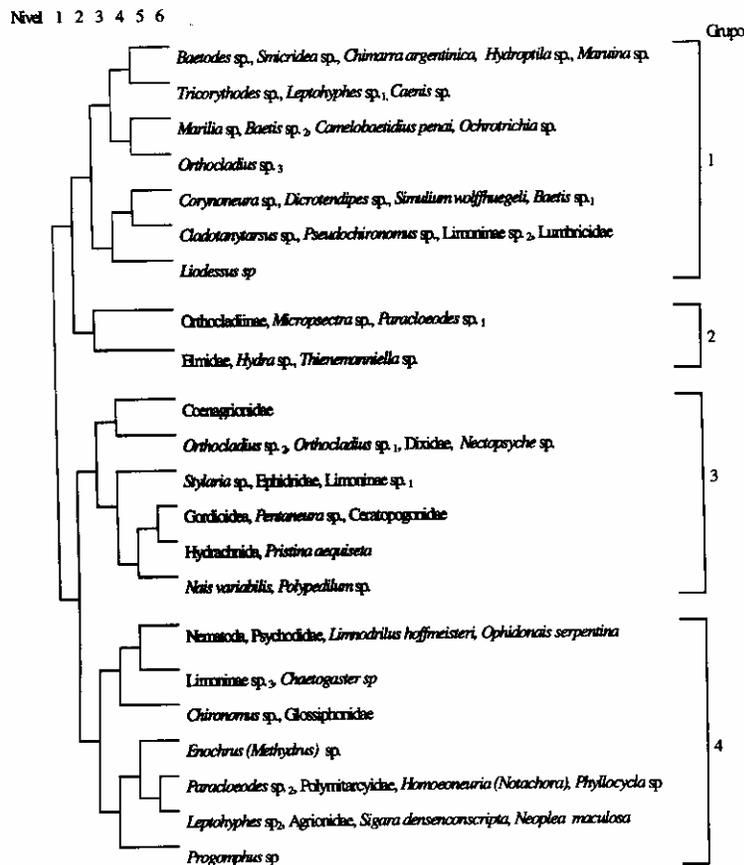


Figura 7: Clasificación de los taxones derivantes, resultante de la aplicación de TWINSpan.

Discusión

En los ambientes lóticos, las variaciones espacio-temporales en la estructura de las comunidades bentónicas han sido atribuidas a una amplia gama de factores bióticos y abióticos que condicionan la capacidad de persistencia de cada especie y las densidades con que éstas se hallan dentro de sus áreas de distribución (Vanotte *et al.*, 1980; Greenwood & Richardot-Coulet, 1996). Se ha sugerido que la riqueza específica está gobernada por tres tendencias: se incrementa con el aumento de la heterogeneidad espacial, decrece con el incremento de estabilidad temporal y alcanza el máximo con niveles intermedios de disturbio (Townsend & Hildrew, 1994). Las agrupaciones resultantes del análisis del bentos y la deriva en la cuenca del río Chocancharava, segregaron los sitios y los taxones de los diferentes tramos altitudinales, en relación con las características geomorfológicas del canal fluvial.

Se determinaron asociaciones distintivas de cada tramo y especies con distribución eurizonal. En los ambientes serrano y de piedemonte, donde la heterogeneidad de hábitats es mayor, se observó la mayor riqueza específica. *Paracloeodes* sp., presentó una distribución estenozonal y fue dominante en el tramo entrelazado, en ambientes de sustrato arenoso, con escasa velocidad de corriente y flujo laminar. Este género ha sido citado para hábitats semejantes por Barton & Smith (1984).

En los tramos de transición entre sectores de un río, los cambios hidráulicos producen variaciones en la composición del zoobentos (Greenwood & Richardot-Coulet, 1996). Nuestros resultados indicaron que esta transición se localiza entre los sitios 3 y 4, donde la geomorfología del cauce cambia de una condición de arroyo serrano a río de llanura, con cauce amplio, entrelazado y divagante entre barras móviles de arena gruesa. En coincidencia con el cambio hidráulico disminuyó la densidad y la riqueza, y se observó reemplazo de algunos grupos faunísticos.

Aunque la sustitución de taxones fue gradual a través del perfil longitudinal, se detectaron zonas donde las condiciones de estrés ambiental producen discontinuidades. En el tramo potámico la perturbación provocada por el vertido de desechos cloacales produce un brusco cambio en la composición bentónica. Tanto los disturbios naturales como los de origen antrópico pueden alterar la estructura de la comunidad bentónica y aumentando la densidad de algunas poblaciones y disminuyendo la de otras. En los sistemas acuáticos que reciben desagües cloacales las poblaciones de procesadores de materia orgánica son dominantes en la comunidad bentónica, debido al incremento del recurso trófico y a la exclusión de predadores y competidores (Wiederholm, 1984; Jeffries & Mills, 1990; Ward, 1992; Barbour *et al.* 1996). En el sector contaminado de la cuenca estudiada, el aumento en el contenido de materia orgánica y el consecuente descenso del oxígeno disuelto, limitaron la densidad de efemerópteros y favorecieron el desarrollo de especies generalistas, tolerantes como Nematoda, *Nais variabilis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, y *Chironomus* sp. Río abajo del tramo perturbado, un nuevo cambio en la composición indicó que la perturbación solo afecta unos pocos kilómetros. Cuando el oxígeno ya no es limitante, la disponibilidad de recursos tróficos favorece el desarrollo de una comunidad con mayor diversidad. Los ambientes fluviales tienen elevada resiliencia, especialmente cuando la perturbación se origina por contaminantes de naturaleza orgánica, fácilmente metabolizables por la vía detritica (Wiederholm, 1984).

Las variaciones temporales fueron más evidentes en los tramos potámicos. La comunidad bentónica que se desarrolla entre la zona contaminada y la de recuperación varió con las condiciones de caudal, mostrando un marcado dinamismo temporal. En los meses de estiaje fue más semejante a la fauna de los tramos recuperados, y en los de mayor caudal a la fauna indicadora de deterioro ambiental. Tanto las densidades del bentos como las de deriva fueron superiores durante los períodos de bajo caudal, en la mayoría de los sitios estudiados. El río Chocancharava posee un régimen hídrico de tipo pluvial, por lo cual, durante los meses de estiaje el caudal es bastante estable, pero en épocas de aguas altas fluctúa siguiendo la dinámica de las precipitaciones. Basándose en estudios realizados en el tramo entrelazado de este río, Corigliano *et al.* (1998) sugirieron que la magnitud de la respuesta de los invertebrados derivantes ante cambios de caudal, depende de cuanto tiempo ha transcurrido desde la última fluctuación. Poff & Ward, (1991) consideran que cuando las condiciones hidrológicas permanecen estables durante un período prolongado, los organismos tienen mayores oportunidades de asociarse con un microhábitat específico y aumentar sus densidades. En períodos hidrológicamente más variables las condiciones de microhábitat son menos estables y los organismos están más expuestos a la posibilidades de derivar, pero los caudales más elevados ejercen un efecto diluyente que disminuye las densidades de deriva.

La deriva también mostró un dinamismo temporal en la mayoría de los sitios, y en los tramos ubicados aguas abajo del punto de inmisión presentó registros muy elevados durante la época de estiaje. Esta relación inversa entre la deriva y el caudal registrada en pequeños arroyos (Minshal & Winger, 1968) y en grandes ríos (Obi & Conner, 1986), ha sido discutida por Koestler & Bryan (1995). Una de las hipótesis que los autores analizaron para explicar esta aparente contradicción es la del "efecto de dilución". Consideraron que

si el caudal del río se incrementa, pero la abundancia total de derivantes se mantiene constante, el n° de ind. por unidad de volumen disminuirá. Por otra parte Waters (1966) propuso la hipótesis de la denso-dependencia de la deriva respecto al bentos. Si la producción bentónica es tal que supera la capacidad de carga del sustrato, los organismos entran en competencia por los recursos, y el exceso de producción deriva río abajo. En la cuenca del río Chocancharava las fluctuaciones de deriva reflejaron las variaciones de densidad bentónica. La situación se acentuó en el tramo situado inmediatamente río abajo de la inmisión de contaminantes, donde durante los meses de bajo caudal el aporte extra de materia orgánica se diluye menos en el agua del río, condición que favorece el desarrollo de poblaciones tolerantes. Aunque el alimento no es un factor limitante, el incremento de las densidades bentónicas puede elevar la competencia por el espacio, originando un incremento en el número de organismos que entran en deriva.

La deriva se ha sido considerada como el principal mecanismo de recuperación del bentos fluvial (Williams & Hynes, 1976; Milner, 1994). En el sector contaminado de la cuenca estudiada, la densidad de derivantes de las especies más sensibles se redujo considerablemente. Sin embargo, muchos individuos continuaron derivando a través de la zona afectada hasta hallar un hábitat, río abajo, con condiciones favorables para el asentamiento. Se han reportando resultados semejantes al analizar la resiliencia aguas abajo de un arroyo afectado por una perturbación puntual provocada por un derrame de gasolina. (Mackay, 1992).

La técnica de clasificación separó las muestras de deriva provenientes de los sectores serrano, de transición rítron-potamon y de llanura. El sucesivo reemplazo de los taxones en el perfil longitudinal, también resultó similar al del bentos. Las semejanzas entre ambas fracciones permiten suponer que, en la cuenca del río Chocancharava, la deriva es una expresión de la estructura de las comunidades bentónicas. En este tipo de ambientes, de llanura y de mediano orden, no se cumpliría la hipótesis de Koestler & Bryan (1995; 1996), quienes sugieren que en grandes ríos, los invertebrados derivantes pueden conformar una comunidad separada de la bentónica. Los autores determinaron que en el bajo Mississippi, la deriva constituye una comunidad permanente de macroinvertebrados "planctónicos", cuyos miembros pasarían todo su ciclo de vida derivando. En ríos de orden 7, con las características del Chocancharava, se confirma la hipótesis de Waters (1966). Sin embargo, los múltiples factores que actúan sobre la deriva hacen suponer que la densidad bentónica no es el único disparador. Los atributos funcionales de cada especie, tales como la morfología, el comportamiento y las preferencias de microhábitat, influyen en la entrada a la columna de agua y en el transporte río abajo (Rader, 1997). A escala microespacial el problema de la deriva es muy complejo, difícil de abordar y no es posible generalizar los motivos por los cuales las diferentes especies inician la deriva, permanecen en ella o retornan al bentos, ya que las variables bióticas y abióticas que influyen en cada una de ellas son diferentes.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a CONICET y SECYT (UNRC) por el apoyo económico que hizo posible la realización de este trabajo.

Referencias citadas

- Agua & Energía. 1981. Estadísticas hidrológicas hasta 1980. División Recursos Hídricos, Buenos Aires. Tomo 1: Fluviometría. (MOSP, n. 0438)
- Allan, J.D. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, Londres. 388 p.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Griffith, G.E., Frydenborg, R., Mc Carron, E., White J.S. & Bastian, M.L. 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. J. North Am. Benthol. Soc., 15 :185-211.

- Barton, D.R. & Smith, S.M. 1984. Insects of extremely small and extremely large aquatic habitats. In: Resh, V.H., & Rosenberg, D.M (eds.) The ecology of aquatic insects. Praeger, New York. 625 p.
- Brittain, J.E. & Elkeland, T.J. 1988. Invertebrate drift - a review. *Hydrobiologia*, 166:77-93.
- Cellot, B. 1989. Macroinvertebrate movements in a large European river. *Freshwater Biol.*, 22:45-55.
- Corigliano M. del C., Fabricius, A.L., Luque, M.E. & Garl, N. 1994. Patrones de distribución de variables físicoquímicas y biológicas en el río Chocancharava. *Rev. UNRC*, 14:177-194.
- Corigliano, M. del C., Gualdoni, C.M. & Oberto A.M. 1987. Deriva de macroinvertebrados en un tramo anastomosado de un río de llanura. *Rev. UNRC*, 7:89-98.
- Corigliano, M. del C., Gualdoni, C.M., Oberto A.M. & Raffaini, G.B. 1998. Atributos estructurales de la deriva de invertebrados en el río Chocancharava. *Ecol. Aust.*, 8:5-12.
- Gilvear, D.J. & Bravard, J.P. 1996. Geomorphology of temperate rivers. In: Petts, G.E. & Amoros, C. (eds.) *Fluvial Hydrosystems*. Chapman & Hall, London. 322 p.
- Greenwood, M.T. & Richardot-Coulet, M. 1996. Aquatic invertebrates. In: Petts, G.E. & C. Amoros (eds.) *Fluvial Hydrosystems*. Chapman & Hall, London. 322 p.
- Gualdoni, C.M. & Corigliano, M. del C. 1999. Deriva de insectos y su relación estructural con el bentos. *Rev. Idesia*, 17: 57-71.
- Gualdoni, C.M. & Oberto, A.M. 1998. Biological quality assessment in lotic environments of río Carcarañá (Córdoba, Argentina). *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26:1219-1222.
- Hill, M.O. 1979. TWINSPLAN - A Fortran program for arranging multivariate data in a ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, New York.
- Jeffries, M & Mill, D., 1990, *Freshwater ecology-Principles and applications*: Belhaven Press, New York. 285 p.
- Koestsier, P. & Bryan, C.F. 1995. Effects of abiotic factors on macroinvertebrate drift in the lower Mississippi river, Louisiana. *Am. Midl. Nat.*, 134:63-74.
- Koestsier, P. & Bryan, C.F. 1996. Is macroinvertebrate drift a density-dependent mechanism of the benthos in the lower Mississippi river? *J. Freshwater Ecol.*, 11:1-10.
- Kreutzweiser, D.P. & Sibley, P.K. 1991. Invertebrate drift in a headwater stream treated with permethrin. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 20:330-336.
- Mackay, R. J. 1992. Colonization by lotic macroinvertebrate: A review of processes and patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49:617-628.
- Milner, A.M. 1994. System recovery. In: Calow, P. & Petts, G.E. (eds.) *The Rivers Handbook*. Blackwell Scientific, Oxford. v.2, 523 p.
- Minshall, G.W. & Winger, P.V. 1968. The effect of reduction in stream flow on invertebrate drift. *Ecology*, 49:580-582.
- Obi, A. & Conner, J.V. 1986. Spring and summer macroinvertebrate drift in the lower Mississippi River. *Hydrobiologia*, 139:167-175.
- Poff, L.N. & Ward, J.V. 1991. Drift responses of benthic invertebrates to experimental streamflow variation in a hydrologically stable stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48:1926-1936.
- Rader, R.B. 1997. A functional classification of the drift: traits that influence invertebrate availability to salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54:1211-1234.
- Reice, S.R. & Wohlenberg, M. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds.) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York. 486 p.
- Townsend, C.R. & Hildrew, A. G. 1994. Species traits in relation to a habitat template for river systems. *Freshwater Biol.*, 31:265-275.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cumming, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37:130-137.
- Ward, J.V. 1992. *Aquatic insect ecology*. John Wiley & Sons, New York. 438 p.

- Waters, T.F. 1965. Interpretation of invertebrate drift in stream. *Ecology*, 46:327-334.
- Waters, T.F. 1966. Production rate, population density and drift of stream insects. *Ecology*, 47:595-604.
- Waters, T.F. 1972. The drift of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 17:253-272.
- Wiederholm, T. 1984. Responses of aquatic insects to environmental pollution. In: Resh, V.H. & Rosenberg, D.M (eds.) *The ecology of aquatic insects*. Praeger, New York. 625 p.
- Williams, D. & Hynes, H.B. 1976. The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos*, 27:265-272.

Recebido em: 18 / 04 / 2001

Aprovado em: 09 / 11 / 2001