



Colonización de sustratos rocosos por los macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral, Antioquia-Colombia

Por: Yimmy Montoya Moreno*

Resumen

*Se estudió el proceso de colonización y sucesión de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos semanalmente en una quebrada de tercer orden en la zona de ritral de la microcuenca Los Andes, Antioquia (Colombia). El periodo de estudio fue de agosto a octubre de 2005; en este tiempo fueron colocadas 12 canastas plásticas de un tamaño de malla de 1 cm² y un área de 2.639 cm², las canastas fueron llenadas con guijarros de aproximadamente el mismo tamaño, los cuales fueron tomados del lecho inactivo de la quebrada. Semanalmente fue retirada una canasta para la evaluación de los insectos acuáticos colonizadores. Se encontraron 65 taxones durante el estudio. Se presentó un proceso de colonización de una manera lenta sobre las tres primeras semanas de investigación; entre los colonizadores tempranos predominaron los dípteros (*Simullium*, *Orthocladinae*, *Tanitarsini*, *Chironomini*) y los tricópteros (*Leptonema*). Durante el proceso de sucesión entre la quinta y sexta semana se alcanza la mayor diversidad, equidad, riqueza numérica y la menor dominancia. El caudal presenta correlación con la dominancia ($r = 0.95, p = 0.01$), la equidad ($r = -0.61, p = 0.034$) y la diversidad ($r = -0.92, p = 0.026$) con una densidad media de 0.3 ind/cm², por lo que se relaciona como la variable evaluada de mayor peso dentro de los procesos de colonización, ya que los cambios en el caudal determinan variaciones en la sucesión de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos colonizadores de sustratos rocosos a una etapa menos madura, debido a la apertura de nuevos espacios a la colonización.*

Palabras clave: macroinvertebrados, comunidad, colonización, cabecera río tropical.

* Biólogo, M Sc. Coordinador del Semillero de Limnología y Recursos Hídricos. Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia (Colombia). E-mail: yimmymontoya3@hotmail.com



Abstract

The colonization process of the community aquatic macroinvertebrates was studied weekly in a stream of third order in the ritual zone of the watersheds Los Andes, Antioquia (Colombia). The period to study was from August to October of 2005, in this time 12 plastic baskets of a size of mesh of 1 cm² and a volume of 9.232 cm³ were placed, the baskets were filled with cobbles of approximately the same size which were taken of the inactive channel of the stream. Weekly a basket was retired for the evaluation of the aquatic insects settlers. It found 65 taxa during the study. A process of colonization in a slow way was presented on the first three weeks of investigation, among the early colonizers the dipterans prevailed (*Simullium*, *Orthocladinae*, *Tanitarsini*, *Chironomini*) and the tricopteros (*Leptonema*). Between the fifth and sixth week is reached the biggest diversity, evenness, numeric richness and the smallest dominance. The flow presented correlation with the dominance ($r = 0.95, p = 0.01$), the evenness ($r = -0.61, p = 0.034$) and the diversity ($r = -0.92, p = 0.026$) with an average density of 0.3 ind/cm², for what was related as the evaluated variable of more weight inside the colonization processes, since the changes in the flow determine a regression in the succession by macroinvertebrates community aquatic settlers of rocky substrates to a less mature stage, due to the opening of new spaces to the colonization.

Key words: macroinvertebrates, community, colonization, tropical headwater stream.

Introducción

El potamobentos se compone de elementos que tienen una probabilidad finita de derivar con el agua, y las poblaciones locales quedan siempre sometidas a la presión de competencia de representantes de poblaciones de aguas más arriba que derivan continuamente hasta allí (Margalef, 2002). La comunidad pionera colonizadora de sustratos puede concebirse como aquella que logra su organización a partir de superficies desnudas, como un sistema dinámico que se estructura hasta adquirir un estado de equilibrio que será percibido o no dependiendo del tiempo de duración de su estudio (Margalef, 1983). Hay especies que componen el bentos lótico que presentan una gran capacidad para colonizar nuevos ambientes y recolonizar espacios afectados por disturbios, tales como avalanchas, cambios de cauce e incendios forestales. Algunos autores consideran que los principales factores que afectan la colonización desde el punto de vista físico son la variabilidad del caudal (Esteves, 1998), tamaño, forma y área del sustrato (Margalef, 1983), el tipo de corredor hiporréico y la variabilidad de los coriotopos. Las migraciones aguas arriba,

las migraciones aéreas (Otermin et al., 2002) y la deriva son las fuentes de individuos (Elliot, 1967; Hynes, 1975; Quiñónez et al., 1998). Otros factores primordiales en la dinámica sucesional son la predación, la competencia intra e inter específica. Las principales características biológicas de las especies de insectos acuáticos que afectan la colonización son la capacidad natatoria, la forma, el vuelo, la edad, los hábitos alimenticios y conductuales y las estrategias de vida (Gjerlöv et al., 2003). Wetzel (2001) plantea que hay factores debidos a las restricciones fisiológicas de las especies dependientes del medio, tales como la temperatura, el oxígeno disuelto y la osmorregulación; por otro lado, las variaciones en la adquisición del alimento y la calidad del mismo. En muchos insectos la deriva neta de su fase acuática se contrarresta en parte por la tendencia de los adultos a moverse según el eje del río y en dirección a sus fuentes volando o andando, inclusive se considera que la pérdida o arrastre de individuos está implícita en el plan de vida de la especie (Margalef, 1982).

Para el estudio de la colonización y de la dinámica sucesional se utilizan sustratos naturales y/o

artificiales introducidos de manera controlada en los sistemas acuáticos (Nelson, 2000; Meester et al., 2002; Collier y Smith, 2003). Las canastas con sustratos colonizables presentan grandes ventajas como la reducción de fuentes de variación, ya que se disminuye la variabilidad entre muestras debido a factores no controlables; se puede coleccionar toda la comunidad, lo que permite cumplir con uno de los supuestos para calcular el índice de diversidad de Shannon-Weiner (1949), permiten reducir el tiempo y la cantidad de equipos de muestreo; además, permiten iniciar series de sucesión replicadas. Entre las desventajas se puede mencionar la baja representatividad de los coriotopos, lo que redundaría en una menor riqueza numérica al compararla con la del tramo en estudio; alta o baja perdurabilidad del sustrato y el vandalismo.

Sobre colonización de macroinvertebrados acuáticos existe numerosa literatura en zonas templadas (Grimm y Fisher, 1989), pero casi no se encuentran investigaciones para zonas tropicales y subtropicales (Anderson, 1995; Cressa, 1998; Boulton, 2000; Fontanarrosa et al., 2005; Blanco, 2003; Blanco y Scatena, 2006). Para Colombia el autor no tiene conocimiento sobre trabajos publicados en este tema, por lo que esta investigación representa un primer intento de evaluar este hecho. En esta investigación se compara la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos colonizadores de sustratos rocosos durante un periodo de 12 semanas en la quebrada Los Andes (Oriente Antioqueño) y se determina la influencia de algunas características físicas y químicas en el proceso de colonización y sucesión.

¿Cuáles son los organismos colonizadores de los sustratos rocosos? ¿Varían en su composición y abundancia durante la serie temporal de recolección de sustratos? ¿Cuál es el proceso sucesional funcional? Las variaciones del caudal incrementan la entropía del sistema, entonces, con el aumento del tiempo de exposición se disminuye el aporte de nuevos taxones y la comunidad oscila

sobre una riqueza numérica promedio mayor que la de los estadios iniciales.

Materiales y métodos.

Área de estudio

La cuenca de la quebrada Los Andes se encuentra en el municipio de El Carmen de Viboral, situada en el Oriente Antioqueño entre los 2.100 y 2.500 m.s.n.m (Figura 1), con una temperatura promedio de 17 °C y una pluviosidad de 2.000 milímetros anuales, lo que la tipifica como una zona de vida bosque húmedo montano bajo bh-MB (Espinal, 1992). La quebrada Los Andes corre predominantemente de sur a norte, la zona de muestreo se ubicó a los 6° 3' 19" N y 75° 20' 3" O, a una altura de 2.200 m en un tramo de tercer orden según la clasificación de Horton (Heno, 1998); el ancho de la quebrada oscila entre 1 y 2.7 m con un lecho predominantemente de gravas, rocas y guijarros, según la tipología de Hynes (1975).

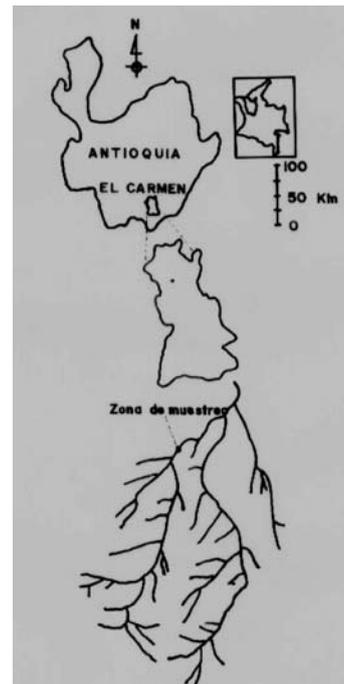


Figura 1. Ubicación de la microcuenca Los Andes.

La cuenca alta de la quebrada Los Andes está localizada predominantemente sobre un macizo cristalino conformado por rocas del Batolito antioqueño, especialmente granodioritas. El proceso morfogénico que ha dado lugar a las transformaciones superficiales más comunes es el desprendimiento desde la parte superior de materiales que conformaban alteritas compuestas por suelos y rocas en diferentes estados de meteorización, que ha generado suelos que varían de limo-arcillosos a arcillo-limosos y que incluyen bloques de granodiorita con diferentes estados de meteorización (Cornare, 1995).

Esta cuenca es de particular interés por estar situada en el área de manejo especial de la Cuenca Alta del Río Negro y porque de los afluentes de su zona de ritral se toma parte del agua para el acueducto municipal de El Carmen de Viboral y debido a que se proyectan otras derivaciones sobre este sistema.

Variables biológicas

Doce canastas de plástico de malla gruesa con piedras fueron colocadas en la quebrada Los Andes, desde agosto del 2005 hasta octubre del mismo año. Las canastas de colonización fueron hechas con malla plástica de un tamaño de ojo de 1 cm², se le dio forma cilíndrica, con unas dimensiones de 7 cm de radio y 60 cm de largo, para un área de 2.639 cm². Las canastas fueron llenadas con guijarros de aproximadamente el mismo tamaño y que fueron tomados del lecho inactivo de la quebrada. Las canastas de colonización fueron colocadas en la zona de ritral, en un tramo con predominio de zonas de rápidos; se ubicaron perpendiculares a la dirección del flujo, en el centro del cauce y con una distancia entre ellas de 2m.

Desde el punto de vista pluviométrico, se observa que la variación de la pluviosidad en el municipio de El Carmen de Viboral presenta una curva bimodal con periodos de mayor volumen de lluvias en mayo-septiembre, y entre diciem-

bre-enero se ubica el periodo seco principal, y en agosto, el secundario (Figura 2A). Durante la época de muestreo se registró una mayor variación de las condiciones pluviométricas, ya que se sucedieron periodos de sequía y de lluvia (Figura 2B).

Semanalmente fue retirada una canasta para la evaluación de los insectos acuáticos colonizadores, sobre la cual no se agregó ningún preservante; simultáneamente se evaluó la concentración de oxígeno y su porcentaje de saturación, la temperatura, la conductividad, el pH, la velocidad de la corriente y el caudal. Los macroinvertebrados fueron determinados a nivel de familia y género empleando las guías de Costa et al. (1988), Fernández y Domínguez (2001), Gomez et al. (2003), Klemm (2001), Machado (1989), McCafferty (1981), Merritt y Cummins (1996), Roldán (1988) y Wiggins (1977).

Tratamiento de los datos

Se realizó un análisis exploratorio y descriptivo de los datos físicos y químicos obtenidos, empleando para este fin la media aritmética como medida de tendencia central; como evaluadores de la dispersión de los datos se emplearon el coeficiente de variación relativa de Pearson (CV) y los valores máximo y mínimo para cada variable medida. Para establecer la existencia de diferencias significativas entre la densidad de cada uno de los taxones y los tiempos de muestreo, se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía tomando como variable de bloqueo el tiempo, asumiendo cada canasta como un bloque aleatorio.

La estructura de la comunidad de macroinvertebrados fue determinada usando las abundancias relativas y totales, las variaciones en los índices de diversidad (Shannon y Weaver, 1963), equidad (Pielou, 1975), dominancia (Simpson, 1949) y el índice de riqueza numérica de taxones (N_j). Adicionalmente, se evaluó la influencia individual de los componentes de la diversidad (riqueza

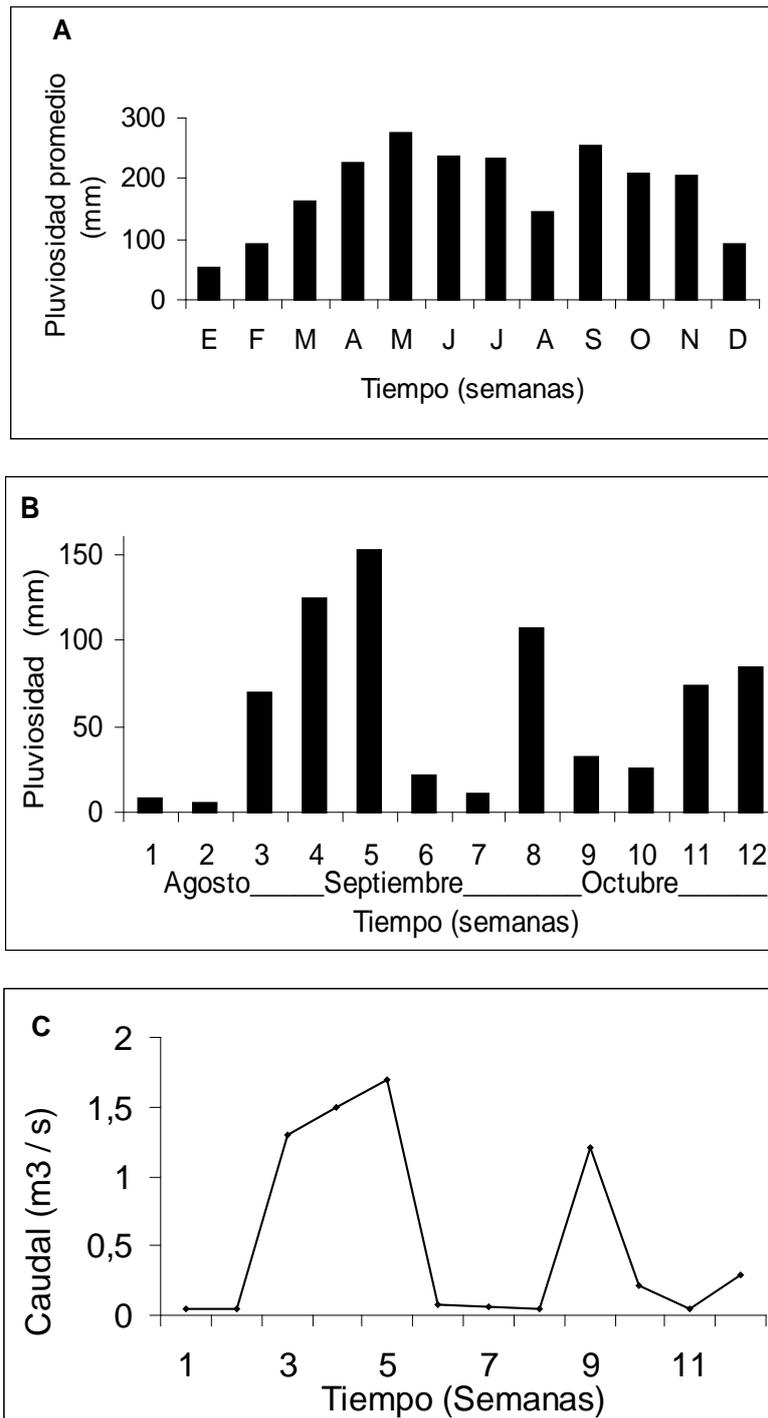


Figura 2. A Variación de la pluviosidad anual. B. Variación de la pluviosidad durante el período de muestreo. C. Variación del caudal durante el período de muestreo.



numérica y equidad) mediante un análisis de regresión lineal múltiple. La asociación entre los macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas se efectuó mediante un análisis de regresión lineal múltiple. Los análisis estadísticos mencionados anteriormente se llevaron a cabo con el paquete estadístico Statgraphics v.3.0.

Resultados

Variables físicas y químicas

Como se puede inferir en la Tabla 1, la zona de muestreo exhibe características oligotróficas,

ya que se presenta una baja mineralización de las aguas, acompañada de una elevada concentración de oxígeno disuelto en estado de sobresaturación.

Las variables evaluadas conforman dos grupos principales tomando como referencia su variabilidad; un primer grupo poco variable integrado por el oxígeno disuelto, su porcentaje de saturación, la temperatura del agua, el pH y la conductividad eléctrica. Un segundo grupo con mayor variabilidad en el que se encuentra la velocidad de la corriente, el caudal y la turbiedad.

Tabla 1. Valores de los estadígrafos de tendencia central y de dispersión relativa de las variables físicas y químicas evaluadas.

Variable	Unidad	Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	C.V.
Oxígeno	mg/l	8.24	8.70	7.60	6.10
% Saturación	%	110.80	118.00	105.00	4.96
Temperatura	°C	15.80	16.50	14.70	4.54
Velocidad	m/	0.61	0.98	0.32	45.10
Caudal	m ³ /s	0.37	1.20	0.04	130.40
pH	Unidades de pH	6.35	6.70	6.14	3.37
Conductividad	μS/cm	30.18	32.70	26.60	7.82
Turbiedad	NTU	8.44	2.60	16.08	67.80
Pluviosidad entre muestreos	mm	59.58	152.00	6.00	83.10
Pluviosidad año 2005	mm	194.67	303.00	61.00	40.20

La velocidad del agua presentó una variación media del 45.1%, ya que se trata de la parte media-alta de la cuenca de un sistema de bajo orden. Por otro lado, el caudal (Figura 2C) presentó una variación alta (C.V = 130.4%), lo que se asoció con las variaciones en la pluviosidad pluvial a nivel semanal ($F = 0.67$, $p = 0.017$) y no a nivel mensual ($F = 0.52$, $p = 0.081$), lo que muestra la incidencia de las microvariaciones a nivel temporal pese al hecho de que el presente estudio sólo abarcó tres meses de colecta.

Ninguna de las variables físicas y químicas evaluadas en la presente investigación presentó correlación estadística significativa con la diver-

sidad, la equidad, la riqueza numérica y con la dominancia de los organismos colonizadores de sustratos rocosos, excepto el caudal, el cual presentó correlación con la dominancia ($r = 0.95$, $p = 0.01$), la equidad ($r = -0.61$, $p = 0.034$) y la diversidad ($r = -0.92$, $p = 0.026$).

Composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados

Se encontraron 65 taxones en diferentes niveles taxonómicos, ya que se determinaron: 5 individuos a nivel de orden, 12 individuos a nivel de familia, 7 individuos a nivel de subfamilia, 40 individuos a nivel de género, y uno (1) a nivel

de especie (Tabla 2). Cada canasta estudiada presentó entre 9 y 28 taxones y entre 15 y 716 individuos en total. Los grupos de organismos con mayor abundancia fueron *Simulium* (Diptera: Simuliidae, filtrador), seguido por los dípteros de las subfamilias *Orthocladinae* (Diptera, colector-raspador), *Tanitarsini* (Diptera, colector) y *Chironomini* (Diptera, colector), siendo todos

filtradores y *Leptonema* (Trichoptera: colector-filtrador). Estos cinco taxones representan el 77.5% del número total de individuos y el 7.4% de la riqueza numérica encontrada durante el trabajo de investigación, a su vez hicieron parte de los colonizadores tempranos, permaneciendo durante todo el proceso sucesional.

Tabla 2. Abundancia de especies de la comunidad colonizadora de sustratos rocosos.

Taxón/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Chironomini sp.</i>	1			6	35	1	3	35	93	17	26	5
<i>Orthocladinae sp.</i>	1	10	32	137	41	38	64	13	9	3	9	1
<i>Tanipodinae sp.</i>	2		3		3	2	3	3		4		1
<i>Tanitarsini sp.</i>	1	6	25	26	37	31	5	15	8	6	66	22
<i>DiaDiamesine sp.</i>					3			3	7		1	
<i>Leptonema sp.</i>	3	7	6	20	20	19	41	23	17	11	6	14
<i>Simulium sp.</i>	3	64	8	120	313	1		36	505	15	39	16
<i>Duggesia sp.</i>	2	2	1	11	3	7	1	6	3	3	5	1
<i>Elmoparnus sp.</i>	1											
<i>Triplectides sp.</i>	1		1									
<i>Phylloicus sp.</i>		5	2	2	4	2	1				2	
<i>Tipula sp.</i>		1		1		1		2				
<i>Anchytarsus sp.</i>		3		1	1	2	9	1	3	5	1	
<i>Polythore sp.</i>		1		2	3	1	3	5	3			4
<i>Perlidae sp.</i>		1		1						1	2	
<i>Limonia sp.</i>		1			1							3
<i>Cyloepus sp.</i>		7		6	3	1	7	5	5	1	1	
<i>Helicopsyche sp.</i>		1			1	8	4		4		1	
<i>Leptohyphes sp.</i>		4	2	3	2				1			
<i>Phanocerus sp.</i>		1		20	9	8	11	22	22	6	10	1
<i>Mortoniella sp.</i>		1			17	3		3	4	1		3
<i>Acari sp. 1</i>		1		13	7	2	7	8	6	3	5	3
<i>Acari sp. 2</i>							1	1				
<i>Acari sp. 3</i>								1			1	
<i>Baetodes sp.</i>		1			20	1		1	6		3	
<i>Hetaerina americana</i>			1	1			3					
<i>Larainidae sp.</i>			3	1					1			
<i>Neptosyche sp.</i>			2									
<i>Podonominae sp.</i>			1					1		3	4	
<i>Pisidium sp.</i>			1									
<i>Disersus sp.</i>			2			1						
<i>Tetraglossa sp.</i>				2								
<i>Traulodes sp.</i>				3	1					1	1	
<i>Macrelmis sp.</i>				2								
<i>Ochrotrichia sp.</i>				2	2				1		3	
<i>Chelefera sp.</i>				1					1	1	1	
<i>Baetidae sp.</i>				1								



Taxón/semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Pseudodisarsus</i> sp.				3	7		8	6	2		3	
<i>Ceratopogonidae</i> sp.				1								
<i>Allvaudomyia</i> sp.							1					
<i>Tubifex</i> sp.							1					
<i>Oocetis</i> sp.							1					
<i>Chrysops</i> sp.							1					
<i>Elmidae</i> sp.								1	3	3		
<i>Naididae</i> sp.					1			1				
<i>Microcylloepus</i> sp.									1		1	
<i>Quironomido</i> sp. 1									2			
<i>Quironomido</i> sp. 2					7				7	4		
<i>Atanatolica</i> sp.									1			
<i>Erpobdellidae</i> sp.										2	10	
<i>Coleoptera</i> sp.										1		
<i>Chimarra</i> sp.											1	3
<i>Chrysops</i> sp.											1	
<i>Moribaetis</i> sp.											1	
<i>Muscidae</i> sp.											2	
<i>Noteridae</i> sp.												1
<i>Clognia</i> sp.					1							
<i>Heterelmis</i> sp.						7						
<i>Halipus</i> sp.						1						
<i>Staphilinidae</i> sp.						2						
<i>Empididae</i> sp.					1	1						
<i>Chironomini</i> sp. 2					1							
<i>Elmidae</i> sp.2					1		1					
<i>Carabidae</i> sp.							1					
<i>Lepidoptera</i> sp.						1						

Se encontraron once taxones, los cuales aparecen en los sustratos rocosos durante al menos el 75% del tiempo de estudio. El principal grupo con un 36% de estos individuos colonizadores correspondió al Orden Díptera. El grupo de los simúlidos registró la mayor abundancia entre todos los organismos colonizadores con un promedio de 93.3 individuos/semana. Se encontraron tres géneros pertenecientes al orden Coleóptera (*Anchytarsus*, *Cylloepus* y *Phanocerus*), los cuales conforman el 28% de los macroinvertebrados acuáticos colonizadores de sustratos rocosos. Las Figuras 3A y B muestran como el número de taxones y de individuos aumenta durante las dos primeras semanas de colonización; durante la tercera se presenta una leve caída producto

del aumento en las lluvias, ya que la pluviosidad aumenta diez veces en relación al promedio de lluvias de las dos primeras semanas, generando una perturbación sobre el proceso de colonización y sucesión, la cual es internalizada por el sistema alcanzando el segundo máximo número de individuos sobre la quinta semana (545 organismos/canasta), es decir, una densidad de 0.3 individuos/cm². Luego el nivel de lluvias disminuye bruscamente, lo que genera una nueva perturbación sobre dinámica sucesional, por lo que el sistema responde disminuyendo la riqueza numérica y el número de individuos colonizadores, pero aumentando la diversidad alcanzando uno de sus mayores valores (2.31 nats/individuo) sobre la sexta semana (Figura 3C). Sobre la octava semana se presenta un

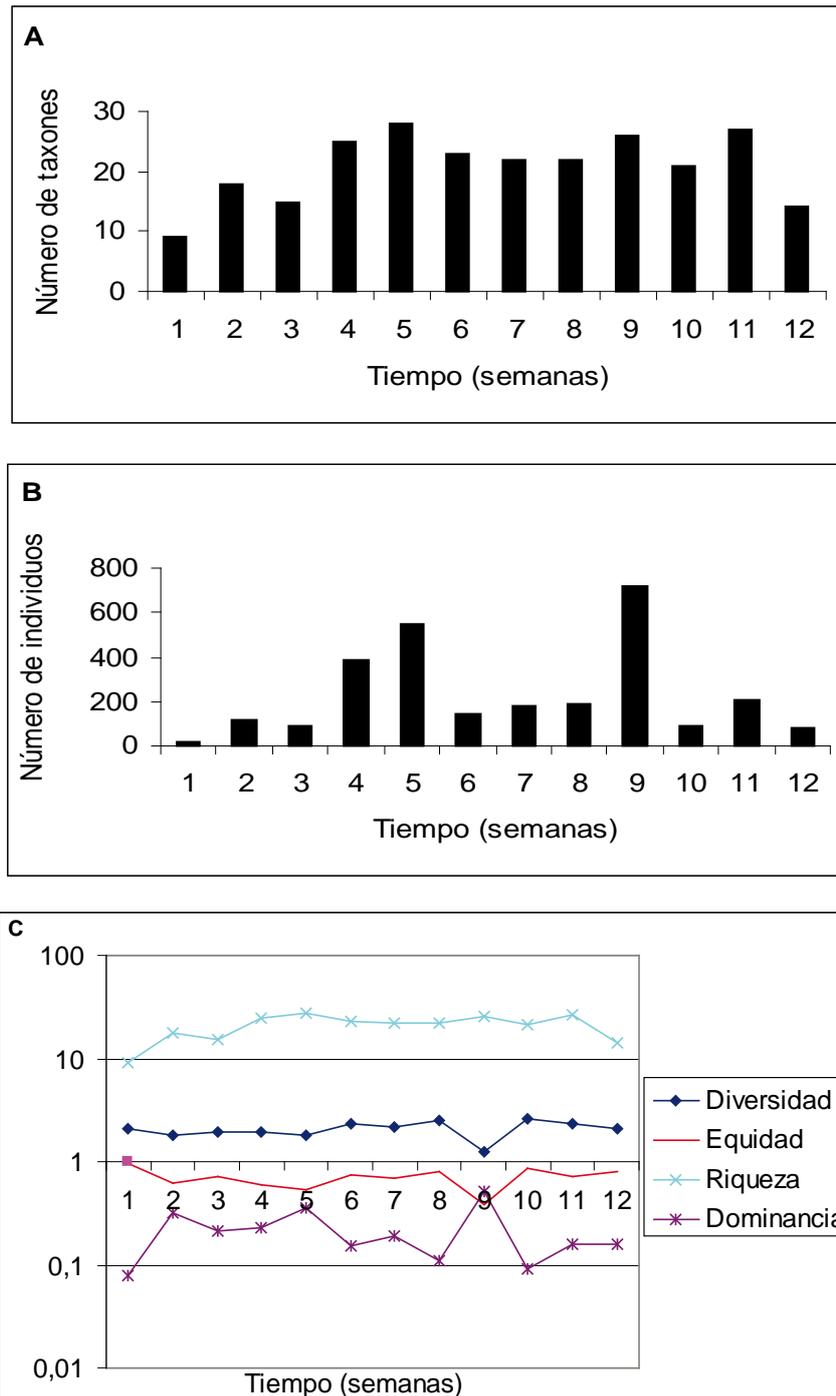


Figura 3. A Variación temporal de los macroinvertebrados colonizadores. B. Variación del número de individuos colonizadores de sustratos rocosos. C. Variación de los índices comunitarios durante la investigación

aumento súbito de la precipitación, el cual se alterna con una disminución marcada en la semana siguiente, lo que favoreció variaciones bruscas de la dominancia, la diversidad, la equidad y el número de individuos colonizadores, ya que se alcanza el máximo número de individuos sobre la novena semana (716 organismos/canasta), para una densidad de 0.4 individuos/cm².

En promedio, durante el proceso de colonización la diversidad presentó un valor medio de 2.07 nats/individuo con una varianza baja (0.18), una equidad media del 70% y una riqueza numérica de 20.7 taxones/mes. Durante la investigación, las variaciones en la diversidad se mostraron significativamente asociadas a las variaciones en la equidad ($r = 0.94$, $p = 0.016$) y en la dominancia ($r = -0.97$, $p = 0.000$). Por lo que las variaciones en la dominancia afectaron en igual medida a la equidad y a la diversidad, pues la riqueza numérica varió poco. A nivel temporal, la colonización de macroinvertebrados acuáticos presentó diferencias significativas ($F = 2.24$, $p = 0.01$), lo cual pudo deberse a las diferencias de comportamiento entre los grupos de organismos encontrados y a las microvariaciones del caudal, como se mencionó anteriormente.

La Figura 4A muestra el dendrograma del proceso sucesional, el cual está caracterizado por un ensamblaje al azar. Las trayectorias de cada

número de taxones y de individuos (Figura 4B) muestran que las asociaciones de macroinvertebrados fueron altamente dinámicas durante el periodo de estudio. Al ser asignado a cada organismo uno de los cinco grupos funcionales alimenticios establecidos de acuerdo con la propuesta de Merritt y Cummins (1996), la mayor riqueza numérica de taxones se encontró dentro del grupo de los colectores (31%), siendo seguidos por los fragmentadores (28%), raspadores (15%), colectores-raspadores (9%), colectores-filtradores (9%), colectores-depredadores (3%), filtradores (3%) y, finalmente, el grupo de los depredadores-raspadores (2%). La variación de estos grupos en el tiempo se puede observar en la Figura 5, presentándose un predominio del grupo de los colectores durante la primera semana de colonización; en la segunda semana se presentó un incremento en la abundancia de los filtradores y raspadores y una disminución en el grupo de colectores, los cuales predominan hasta la quinta semana, a partir de la cual el caudal disminuye. Entre la sexta y séptima semana se presenta un aumento en la abundancia de los depredadores, los cuales disminuyen sobre la novena semana, ya que la abundancia del grupo de colectores se incrementa y desaparecen los filtradores. En las dos últimas semanas se presenta una relación inversa entre los colectores y los depredadores, manteniéndose constante la abundancia de los raspadores.

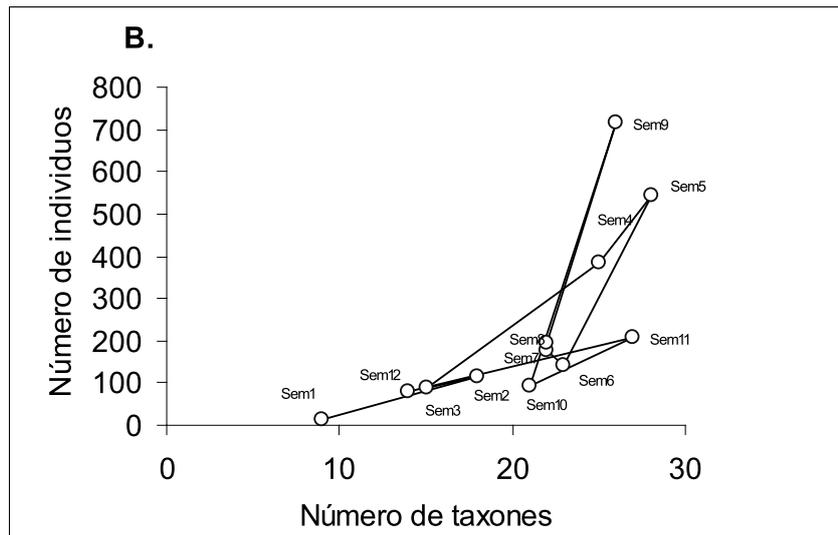
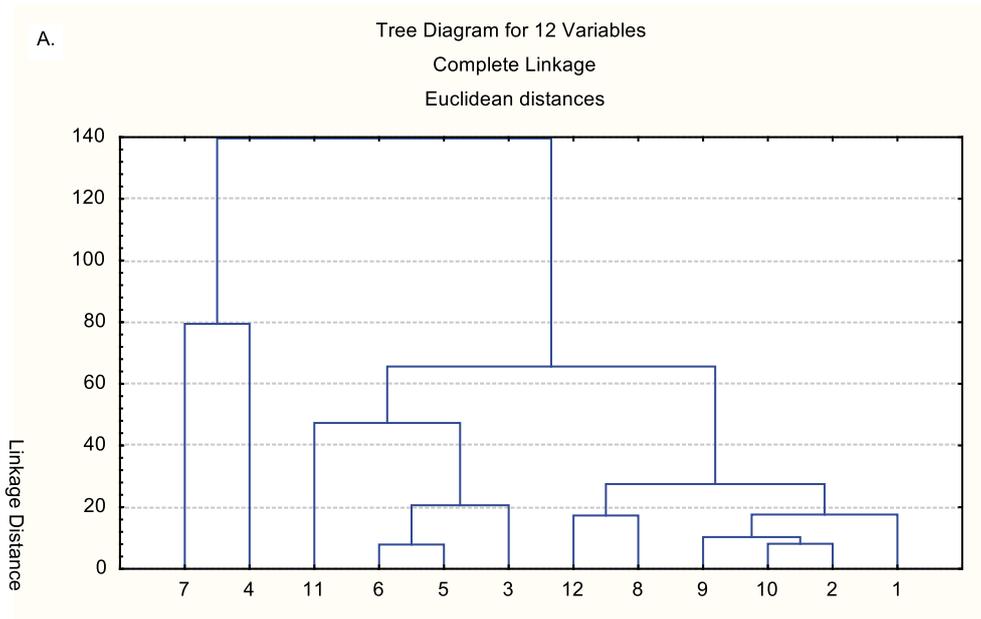


Figura 4. A. Ordenación de la comunidad colonizadora de sustratos rocosos.
B. Evaluación de la trayectoria de la asociación de macroinvertebrados (número de taxones e individuos) a través del tiempo de muestreo

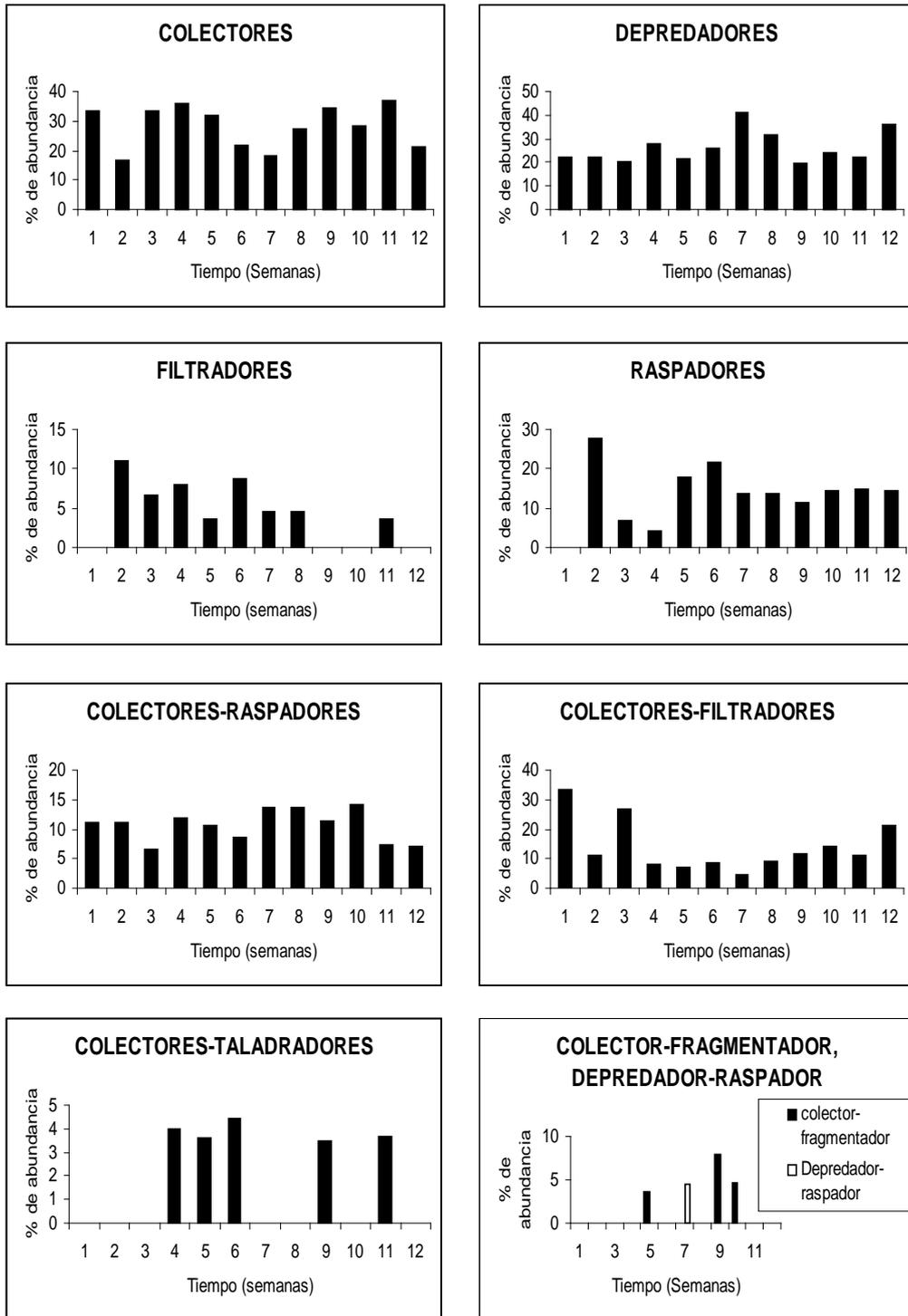


Figura 5. Composición de los grupos funcionales alimenticios en la quebrada Los Andes.

Discusión

El pH presentó un valor ligeramente ácido durante todo el tiempo de muestreo, el cual fue ligeramente menor a los valores registrados en la zona (Montoya, ob. pers.), lo cual pudo deberse a la explotación de madera que se estableció a mediados del año 2005 en la zona, especialmente del género *Pinus sp.*, ya que durante la investigación se encontró permanentemente residuos de este tipo de material en el lecho de la quebrada. La temperatura del agua presentó una baja variación (CV = 4,5%) pese a que los muestreos se realizaron entre agosto y octubre, ya que el tramo de la quebrada en donde se colocaron las canastas presenta una buena cobertura boscosa, además que la toma de datos se llevó a cabo siempre a una misma hora del día (15:00 horas).

Los bajos valores de conductividad eléctrica son característicos de la zona, debido a la pobreza de los suelos y al alto grado de meteorización de los mismos (Botero, 1963), pese a las pendientes pronunciadas que son comunes en la parte alta de la microcuenca. De otro lado, la turbiedad sí registró una alta variabilidad (CV = 67,8%) ya que los suelos de esta zona son predominantemente del tipo franco oscilando entre los grupos franco-arenoso y franco-limoso (Montoya, 2005).

Teniendo en cuenta que las adaptaciones de los macroinvertebrados al flujo unidireccional, modificadas por la turbulencia que afecta los habitats de aguas corrientes es uno de los principales factores de estudio para los ecólogos (Cummins, 1992), se podría considerar a los organismos encontrados colonizando los sustratos rocosos en los estados primarios como indicadores de dispersión y adaptación a las micro variaciones del flujo, lo cual se debe a las características de la zona de ritral, ya que parece ser que cualquier miembro de la macrofauna acuática puede ser levantado del lecho y quedar a la deriva (Quiñónez et al., 1998), pero su probabilidad disminuye con el aumento en su capacidad natatoria y en

la reducción de las oscilaciones del caudal. Se registraron taxones presentes en los sustratos rocosos a lo largo de toda la investigación, tales como *Leptonema*, *Simulium*, *Orthocladinae* y *Tanitarisini*; en contraste, se reportaron algunos taxones con muy poca frecuencia de ocurrencia como *Elmoparnus*, *Disersus*, *Tetraglossa*, *Macrelmis*, *Chrysops*, *Microcylloepus*, *Triplectides*, *Neptosyche*, *Oocetis*, *Atanatolica*, *Chimarra*, *Pisidium*, entre otros.

Allan (1995) considera que muchos de los *Chironomidae*, especialmente los de menor tamaño, son derivadores aperiódicos. Margalef (1982) afirma que son animales característicos de las etapas iniciales de la sucesión, ya que presentan baja tasa de renovación y fácil dispersión. Las larvas de *Simulium* se acumulan donde fluye agua rica en partículas en suspensión y probablemente donde la corriente es lo bastante intensa para no permitir el acceso a sus depredadores (Margalef, 1982). Margalef (1983) plantea que son muy frecuentes en todos los ríos y se desarrollan en gran cantidad en todas las ocasiones en que el agua baja rica en material en suspensión. En la zona de ritral del río Medellín, Quiñónez et al. (1998) encontraron que los simúlidos fueron el principal grupo derivador, lo que sustenta su predominio durante la colonización en periodos cortos de tiempo.

La información colectada en esta investigación muestra una tendencia diferente a la planteada por Margalef (1982) quien trabajó en ríos ibéricos y encontró que los coleópteros aparentemente no tienen ciclos de colonización tan marcados como efemerópteros y tricópteros, ya que la presencia de tres taxones del orden Coleoptera fue superior al 90% del tiempo de colonización.

Algunos autores (Anderson y Lehmkhul, 1968; Quiñónez et al., 1998) plantean que no es común la presencia de odonatos dentro del grupo de los organismos derivadores, ya que son fuertes nadadores; en esta investigación se encontraron dos taxones en los sustratos rocosos: *Hetaerina americana* y *Polythore*, este último apareció durante



el 75% del tiempo de la sucesión. Ya que el lecho no ha sido defaunado, los individuos pueden provenir de debajo de las piedras, zonas laterales, aguas arriba o abajo, además de la deriva.

Se encontró el género *Leptonema* (Hydropsychidae) durante todas las doce semanas de colonización, estas larvas se caracterizan por ser constructoras de redes con materiales minerales y orgánicos, las cuales son relativamente grandes y cuyo tamaño aumenta con la edad al tiempo que las larvas pasan de ser micrófagas a ser más carnívoras (Margalef, 1983; Merritt y Cummins, 1996). El orden Acari también se registró en todos los sustratos colonizables. Margalef (1983) afirma que es posible que en los ácaros el transporte por insectos voladores tenga cierta importancia, ya que los hidrácaros de las aguas corrientes son pequeños y con las patas y sus uñas adaptadas a sujetarse a los musgos. Adicionalmente, debido a su pequeño tamaño son susceptibles de ser transportados en hojas y ramas. Finalmente, el género *Dugesia* se reportó a lo largo de todo el proceso de colonización, en general viven en su mayoría debajo de las piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en aguas poco profundas, tanto corrientes como estancadas. Es probable que la colonización de este taxón haya ocurrido desde las piedras del lecho hacia el sustrato rocoso.

Se encontró un promedio de 1.5 individuos/cm², el cual es un valor relativamente alto ya que es un sistema de bajo orden en la zona de ritral, aunque no se conocen otros valores en Colombia para generar comparaciones.

Luego se registra una disminución del número de individuos debido a la relativa estabilidad ambiental, la cual oscila de nuevo sobre la undécima semana con el aumento en las lluvias, la cual retoma un valor similar al anterior sobre la última semana de colonización. Se puede observar una tendencia al aumento del número de individuos colonizadores con el mantenimiento de las condiciones de lluvia.

En general, entre tres y seis semanas, dependien-

do de las condiciones climáticas, es el tiempo ideal para la colonización de los sustratos en la zona de ritral de la microcuenca Los Andes, lo que coincide con valores planteados por Alba-Tercedor (1996) de un tiempo mínimo de recolonización próximo al mes, aunque vale la pena continuar este tipo de estudios para evaluar la influencia de los pisos altitudinales y del número de orden del sistema acuático dentro de la variación estacional.

Los cambios en el caudal determinan una regresión en la sucesión de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos colonizadores de sustratos rocosos a una etapa menos madura, debido a la apertura de nuevos espacios a la colonización.

La variación de los diferentes grupos alimenticios funcionales puede ser explicada por el modo de búsqueda de las fuentes alimenticias. Por ejemplo, la variación en la abundancia de los raspadores puede ser relacionada con la colonización del perifiton sobre los sustratos rocosos, la cual a su vez depende de la disponibilidad de energía solar, la cual varía de acuerdo con la estructura del bosque y con la disposición de las rocas. Los filtradores se alimentan de materia orgánica particulada fina suspendida, por lo que ellos requieren zonas de corriente fuerte, lo que genera diferencias espaciales de colonización en las canastas y entre las mismas. Los colectores y depredadores presentan una búsqueda activa de fuentes alimenticias, por lo que deben estar en constante movimiento, lo cual está relacionado con su persistencia a lo largo de este estudio.

En general, los organismos encontrados son cosmopolitas y típicos de las partes altas de las microcuencas del Oriente Antioqueño, los cuales, en general, son indicadores de buenas condiciones fisicoquímicas y biológicas. Al comparar los taxones colonizadores registrados en este proyecto frente a los organismos encontrados en los diferentes coriotopos establecidos en el sistema, la diferencia es baja, menos del 20% (Montoya, manuscrito en prep.), lo que puede

ser indicador del predominio del sustrato rocoso como el tipo de hábitat que soporta la mayor riqueza numérica de macroinvertebrados acuáticos en este tramo de la microcuenca, lo que se puede asociar a la influencia de las variaciones de microhábitats entre zonas de depositación y de erosión entre zonas de rápidos y de pozos. Para Wetzel (2001) la asociación de los insectos acuáticos con un sustrato en particular está relacionada directamente con el alimento sobre el sustrato o con las microflora asociada, aunque no siempre se cumple esta relación.

Agradecimientos

Al proyecto ONDAS de Colciencias, por su colaboración económica; a los estudiantes Yeimi Acosta García y Andrés Felipe Galeano, por su apoyo en las labores de campo y de laboratorio; a los estudiantes del grupo de Biodiversidad Acuática del Instituto Fray Julio Tobón B., por su apoyo en campo y en la separación de material; a Olga Lucía Vargas V., por su apoyo incondicional; y al profesor Juan Felipe Blanco, por la revisión y comentarios sobre este manuscrito.

Referencias bibliográficas

ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, 2:203-213.

ALLAN, J.D. 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman and Hall. London, Inglaterra.

ANDERSON, N.H. and LEHMKHUL, D.M. 1968. Depressant effect of moonlight on activity of aquatic insects. *Nature*, 209:319-320.

ANDERSON, J. 1995. Aquatic invertebrate abundance in substrates of the Frio river. *Revista Biotam*. <<http://ecologia.uat.mx/biotam/v9n1/art6.html>>. Fecha de consulta: Enero de 2006.

BLANCO, J.F. 2003. Interannual variation of macroinvertebrate assemblages in a dry-forested stream in western cordillera: A role for El Niño and La Niña. *Boletín ecotrópica*, 37: 3-30.

BLANCO, J.F. y SCATENA. 2006. Floods, habitat hydraulics and upstream migration of *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) in Northeastern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 41: 55-74.

BOTERO, G. 1963. Contribución al conocimiento de la zona central de Antioquia. *Anales de la Facultad de Minas*, 57: 36-75.

BOULTON, A.J. 2000. Limnology and conservation of rivers in arid inland Australia. *Verh. International Verhandlungen. Limnology*, 27:655-660.

COLLIER, K.J. and SMITH, B.J. 2003. Role of Wood in pumise-bed streams II. Breakdown and colonisation. *Forest Ecology and Management*, 177:261-276.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL RIONEGRO-NARE CORNARE. 1995. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta quebrada Cimarronas, municipio de El Carmen de Viboral. El Santuario: Cornare. Antioquia, Colombia.

COSTA, C.; VANIN, S.A. y CASARI-CHEN, S.A. 1988. Larvas de Coleoptera Do Brasil. *Museu de Zoología, Universidad de Sao Paulo*. Brasil.

CRESSA, C. 1998. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. <<http://rbt.ots.ac.cr/revistas/47-1y2/cressa.htm>>. Fecha de consulta: Enero de 2006.

CUMMNIS, K.W. 1992. Invertebrates. Pp. 234-250. En: Calow P, Petts GE (eds). *The river handbook*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, Inglaterra.

ELLIOT, J.M. 1967. Invertebrate drift in a Dartmoor stream. *Archieve for Hydrobiology*, 63:202-237.

ESPINAL, L.S. 1992. Formaciones vegetales de Antioquia. En: *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*, 24:60-67.

ESTEVEZ, F.A. 1998. *Fundamentos de limnología*. Interciencia. Brasil.

FERNÁNDEZ, H.R. y DOMÍNGUEZ, E. (eds.). 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Ed. Universitaria de Tucumán. Argentina.

FONTANARROSA, M.S.; COLLANTES, M. y BACHMAAANN, A.O. 2005. Estudio sobre la dinámica de colonización de insectos acuáticos



- en charcos temporarios de la ciudad de Buenos Aires. Lab Entomología. FCE y N. Universidad de Buenos Aires, Argentina. <<http://www.cricyt.edu.ar/eco2004/Resumenes/CA%20A-F.htm>>. Fecha de consulta: Enero del 2006.
- GJERLÓV, C.; HILDREW, A.G. and JONES, I. 2003. Mobility of stream invertebrates in relation to disturbance and refugia: a test of the habitat templet theory. *Journal of the North American Benthological Society*, 22: 207-223.
- GÓMEZ, M.I.; ÁLVAREZ, L.F.; ROLDÁN, G.; VELÁSQUEZ, D.P. y PELÁEZ, E. 2003. Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: **Rissoidea**) en Colombia. Universidad Católica de Oriente. Rionegro.
- GRIMM, N. and FISHER, S. 1989. Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flashfloods in a desert stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 8:293-307.
- HENAO, J.E. 1998. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Santafé de Bogotá, Colombia.
- HYNES, J.D. 1975. Downstream drift of invertebrates in a river in southern Ghana. *Freshwater Biology*, 5:515-532.
- KLEMM, D.J. 2001. Identification guide to the Freshwater Leeches (Annelida: Hirudínea) Of Florida and other Southern States. EPA. <<http://www.inhs.uiuc.edu/~mjwetzl/AOGSMNP.litcit.html>>. Fecha de consulta: Junio de 2002.
- Mc CAFFERTY, W.P. 1981. Aquatic entomology. Science Books International, Boston (Massachusetts), E.U.A.
- MACHADO, T. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- MARGALEF, R. 1982. Ecología. 4 ed. Barcelona (España): Omega.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Barcelona (España): Omega.
- MARGALEF, R. 2002. Teoría de los sistemas ecológicos. 2 ed. México: Alfaomega.
- MERRITT, R.W. and CUMMINS, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, E.U.A.
- MEESTER, L.D.; GOMEZ, A.; OKAMURA, B. and SCHWENK, K. 2002. The Monopolization Hypothesis and the dispersal-gene flow paradox in aquatic organisms. *Acta Oecologica*, 23:121-135.
- MONTOYA, Y. 2005. Estudio de factibilidad para la siembra de especies forestales nativas para la producción y venta de oxígeno, en la parte alta de las veredas Boquerón y San Lorenzo del municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia. Tesis de técnico especialista en cuencas hidrográficas. SENA, Rionegro, Colombia.
- NELSON, S.M. 2000. Leaf pack breakdown and macroinvertebrate colonization: bioassessment tools for a high-altitude regulated system?. *Environmental Pollution*, 110:321-329.
- OTERMIN, A.; BASAGUREN, A. and POZO, J. 2002. Re-colonization by the Macroinvertebrate Community after a Drought period in a first-order stream (Aguera Basin, Northern Spain). *Limnetica*, 21(1-2):117-128.
- PÉREZ, G. y ROLDÁN, G. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del río Rionegro (Antioquia). En: *Actualidades Biológicas*, 7 (24):27-36.
- PIELOU, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York, E.U.A.
- QUINÓNEZ, M.L.; RAMÍREZ, J.J. y DÍAZ, A. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de ritral del río Medellín. En: *Actualidades Biológicas*, 20 (69):75-86.
- ROLDÁN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN-Colombia, Colciencias-Universidad de Antioquia. Bogotá: Presencia.
- SHANNON, C.E. and WEAVER, W. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, E. U. A.
- SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163:698.
- WETZEL, R.G. 2001. Limnology: Lake and river ecosystems. 3 ed. Academic Press. San Diego, E.U.A.
- WIGGINS, G.B. 1977. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). University of Toronto. Canada.