

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE INSECTOS**

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN RÍOS
DE PÁRAMO Y ZONAS BOSCOSAS, EN LOS ANDES
VENEZOLANOS**

Trabajo Especial de Grado presentado por:

Rivera Abreu, Régulo

Presentado ante la ilustre Universidad de Los Andes

Como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología

Tutor: Prof. Samuel Segnini

MERIDA, 2004



**INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA
CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DEL BACHILLER**

RIVERA ABREU REGULO ALFONSO

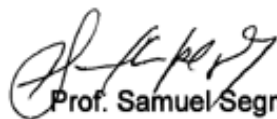
En Mérida a los doce días del mes de abril de 2004, a las 9 a.m. se reunieron los Profesores: Samuel Segnini, Amelia Díaz de Pascual y Luis Daniel Otero, de la Facultad de Ciencias, miembros del jurado nombrado por el Consejo de la Facultad de Ciencias, para revisar el Trabajo Especial de Grado sobre el tema: "ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN RÍOS DE PÁRAMO Y ZONAS BOSCOSAS, EN LOS ANDES VENEZOLANOS", presentado por el Bachiller RIVERA ABREU REGULO ALFONSO, Titular de la Cédula de Identidad N° V-9.472.780, para optar al título de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA


en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Acto seguido se procedió a oír la exposición que sobre el tema arriba mencionado realizó el Bachiller *RIVERA ABREU REGULO ALFONSO*.

Después del correspondiente interrogatorio, el Jurado procedió a deliberar sobre la calificación del trabajo sometido a su consideración.

Finalmente el Jurado lo declaró APROBADO con la Calificación de veinte (20) puntos y recomendado para su publicación.


Prof. Samuel Segnini
(tutor)


Prof. Amelia Díaz de Pascual


Prof. Luis Daniel Otero



AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre Celestial y a su Santísimo hijo Jesús de Nazareth por darme la fuerza, fortaleza y sabiduría que me permitieron culminar esta etapa en mi vida.

A mi compañera Yormary Montilla por su apoyo en esos momentos difíciles y por darme fuerzas para seguir adelante.

AJ profesor Samuel Segnini por haberme asesorado en este trabajo, por su gran paciencia, por su excelente papel como tutor.

A la profesora y gran amiga Maria Marlene Chacón, por sus valiosos consejos y gran apoyo.

A mis compañeros de campo: Ana Pena, Ingri Correa, Vanesa Maldonado y muy especialmente a Belkys Pérez por tu gran ayuda con el manejo de los programas estadísticos.

A los profesores Luis Daniel Otero, Amelia Díaz, por sus comentarios y correcciones que le hicieron al presente trabajo.

A mis padres y hermanos que gracias a sus comentarios me llenaron de fuerza para seguir adelante.

A mi suegra Clemencia Dugarte y a Yusvely López por su constancia y apoyó de una forma incondicional.

A todas y cada una de las personas que me dieron su apoyo y buenos consejos mil gracias y que Dios los bendiga.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| Resumen | viii |
| Abstract | ix |
| Introducción | 2 |
| Área de Estudio | 17 |
| Metodología | 24 |
| Valoración del hábitat | 26 |
| Valoración química | 27 |
| Valoración física | 28 |
| Análisis Estadísticos | 30 |
| Resultados | 31 |
| Caracterización ambiental de los trechos de los ríos | 31 |
| Composición de la fauna de macroinvertebrados bentónicos | 43 |
| Caracterización de los sitios de muestreo en función a la composición de la fauna de macroinvertebrados bentónicos | 48 |
| Discusión | 59 |
| Conclusión | 64 |
| Bibliografía | 66 |
| Apéndice | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-------|
| Figura 1. Esquema representativo del concepto del continuo del río ... | 13 |
| Figura 2. Posición relativa del área de estudio. Sitos de muestreo dentro del área de estudio. Cuenca alta del río Chama. Mérida Venezuela. Esc:1:333.333 | 23 |
| Figura 3. Esquema de trabajo de Campo, para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos | 24 |
| Figura 4. Muestreo cualitativo de los macroinvertebrados bentónicos ... | 26 |
| Figura 5. Ordenamiento de los ríos muestreados en la cuenca alta del río Chama utilizando las variables ambientales mediante un análisis de componentes principales. Con un r significativo de 0.4683 para un n =18 | 34 |
| Figura 6. Dispersión de los valores de las Variables Físico - Químicas y Hidrológicas registradas en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama | 38-42 |
| Figura 7. Abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama | 46 |
| Figura 8. Abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de dos unidades Ecológicas diferentes. Páramo y Zonas Boscosas, en la cuenca alta del río Chama | 47 |
| Figura 9. Agrupamiento de los sitios evaluados en función de la abundancia de los taxa presentes mediante TWINSpan..... | 49 |
| Figura 10. Ordenamiento de los ríos mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA), de los grupos generados por el TWINSpan para los 18 sitios estudiados en la cuenca alta del río Chama. Utilizando las variables ambientales | 54 |
| Figura 11. Ordenamiento de los ríos mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA), de los grupos generados por el | |

| | |
|--|----|
| TWINSPAN para los 18 sitios estudiados en la cuenca alta del río Chama. Utilizando las familias de macroinvertebrados bentónicos | 55 |
| Figura 12. Abundancia relativa de los grupos funcionales encontrados en los ríos muestreados en la cuenca alta del río Chama | 57 |
| Figura 13. Abundancia relativa de los grupos funcionales encontrados en los ríos de dos formaciones vegetales Zonas Boscosas y Páramo) en la cuenca alta del río Chama | 58 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Variables ambientales registradas en dieciocho sitios muestreados en la cuenca alta del río Chama y sus valores medios, máximos y mínimos | 33 |
| Tabla 2. Valores de correlación de las variables ambientales con los ejes | 35 |
| Tabla 3. Valores promedios y desviación estándar de las variables ambientales medidas en las zonas boscosas y de páramo | 37 |
| Tabla 4. Abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama | 44 |
| Tabla 5. Abundancia relativa de los grupos funcionales para dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama | 56 |

RESUMEN

Los macroinvertebrados bentónicos conforman la comunidad más importante de la entomofauna acuática en los sistemas lóticos y frecuentemente han sido utilizados en estudios de bioevaluación de la calidad de los ríos. El presente trabajo tiene como propósito evaluar los cambios en estructuración de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y como están asociados a los cambios altitudinales de condiciones ambientales en los ríos andinos. El mismo se realizó en la cuenca alta del río Chama, que para fines de este trabajo quedó definida por todos los tributarios del cauce principal del río Chama que se encuentran por encima de los 1500 m.s.n.m. Se observó un incremento en la diversidad y abundancia a medida que cambiaban las condiciones medioambientales a lo largo de la cuenca, los ríos estudiados se pudieron caracterizar utilizando las variables ambientales y la comunidad de macroinvertebrados. De acuerdo a los análisis de ordenamiento y clasificación se obtuvieron dos grandes grupos de ríos asociados a unidades ecológicas diferentes (páramo y zonas boscosas). Ordenándose de acuerdo a un gradiente altitudinal donde las variables químicas (alcalinidad, conductividad, dureza y la MOS), hidrológicas (caudal, profundidad y la velocidad de la corriente) y de hábitat permitieron caracterizarlos. Las variables químicas alcalinidad conductividad y dureza relacionadas con el aporte iónico o mineralización del agua presentaron valores altos para los ríos de la unidad ecológica páramo, mientras que, las variables hidrológicas, de hábitat junto con la MOS presentaron valores mas altos en los ríos de la unidad ecológica de zonas boscosas. En los ríos de las dos unidades ecológicas la diversidad promedio presentó valores significativamente diferentes, mostrando un valor más alto en las zonas boscosas lo cual está asociado a que estos ríos presentan mejores condiciones de las márgenes, composición del lecho y morfología del canal.

Palabras claves: Macroinvertebrados, comunidad Bentónica, Estructura, Composición, grupos funcionales, ríos Andinos

ABSTRACT

The benthic macroinvertebrates conform the most important community in the aquatic entomofauna in the lotic system and they have frequently been used in bioevaluation studies of the changes in structure of the benthic macroinvertebrates community and how they are associated to the altitudinal changes of environmental conditions in the Andean stream. The one was made in the high basin of the Chama river that for this work it was defined by all the tributary of Chama river main river bed which is over 1.500 m.s.n.m. the studied rivers characterized in base to environmental variables and the community of macroinvertebrates. It was observed an increment in the diversity and abundance when the midenvironment conditions change through the basin. According to the ordainment and classification analyses obtained two groups of rivers that they correspond to the two ecological units studied: moor and wooded areas. Rivers were ordered in function to a gradient altitudinal which they were associate the chemical variables (alkalinity, conductivity, hardness and the MOS) hydrological (flow, depth and the speed of the current) and the condition of the habitat. The chemical variables: alkalinity, conductivity and hardness relation with the ionic contribution or mineralization of the water, they presented the highest values for the rivers of the ecological unit of moor, while the hydrological variables, the habitat condition and the MOS showed higher values in the rivers of the ecological unit of wooded areas. The benthos community, in general it presented major diversity in the rivers of the wooded zone, which it could be relation with the presence in places mentioned of better physic conditions of aquatic habitat, referent to vegetal covering and stability of the margins, in the

composition of substratum in the depth of the rivers and in channel morphology.

Key words: macroinvertebrates, benthic community, structure, composition, functional groups, Andean rivers.

INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados bentónicos conforman la comunidad animal más importante, en términos de diversidad y abundancia, en los cuerpos de agua corriente de la parte alta de los andes (>1500 m.s.n.m) (Bastardo et al, 1994; Segnini y Bastardo. 1995). La misma esta integrada por organismos de varios Phyla, los cuales incluyen artrópodos (insectos, ácaros, camarones, anfipodos, cangrejos, etc), moluscos (caracoles y babosas), anélidos (gusanos segmentados), nemátodos (gusanos redondos), y platelmintos (gusanos planos). Todos estos organismos viven asociados al sustrato del fondo de los cauces (rocas, sedimentos finos), así como en otras superficies estables (árboles caídos, ramas de árboles, raíces, y vegetación sumergida y emergente). Aunque el término de macroinvertebrados convencionalmente se refiere a todos aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a las 500 μm , los estados juveniles de la mayoría de los grupos tienen tallas mucho menores, que pueden alcanzar las 125 μm (Hauer y Resh, 1996)

Estos organismos están, adaptados a condiciones particulares, prosperando en determinadas situaciones o micro hábitat, y evitando otros. Si bien a simple vista un cuerpo de agua corriente puede parecer un biotopo monótono y uniforme, en realidad alberga una extensa gama de diferentes ambientes, cada uno de ellos caracterizado por asociaciones florísticas y faunísticas particulares.

Muchos investigadores (Quinn y Hickey, 1990; Philip *et al*, 1995; Tate y Heiny, 1995; Jacobsen *et al* 1997) se han referido o tratado la influencia que ejercen los factores físico- químicos sobre los organismos del bentos. Según estos autores la velocidad de corriente, el sustrato, la temperatura, el oxígeno, la altitud, junto a otros factores físico – químicos, que afectan los cuerpos de agua corriente tienen diferentes efectos sobre la actividad y el desarrollo de las especies de macroinvertebrados bentónicos que habitan los cuerpos de agua corriente tanto en el estadio de huevo como en las primeras etapas larvales.

La velocidad de la corriente con la asociación de un conjunto de fuerzas físicas propias de los sistemas lóticos son los factores más importantes que afectan a los organismos que habitan estos ambientes, influyendo así en el tamaño de las partículas de sustrato y en la remoción los nutrientes, por lo cual la biota que poseen ha desarrollado una serie de adaptaciones estructurales como el cuerpo aplanado dorsoventralmente y la presencia de ventosas, que permiten mantener la posición en las superficies expuestas a las corrientes y explotar esos ambientes (Allan, 1995). La velocidad de la corriente decrece principalmente en dirección hacia el fondo y hacia las orillas. Cuando más veloz sea la corriente, más diferente será la fauna bentónica con respecto a la hallada en ambientes lénticos. Ello se debe a que, cuando mayor es la velocidad de flujo, más delgada es la capa límite o zona adyacente al fondo en la cual la velocidad se aproxima a cero. En consecuencia,

cuanto más grande sea el organismo, requerirá mejores mecanismos de fijación al sustrato para evitar ser arrastrado.

La velocidad de la corriente influye principalmente sobre los requerimientos alimentarios y respiratorios de los organismos. Al igual que esta delgada capa adyacente al fondo, los espacios de agua muerta son de gran importancia para la fijación de esporas de algas, larvas de invertebrados, así como para la protección de organismos móviles. (Lopretto y tell, 1995)

El tipo de sustrato, está relacionado con el factor anterior, ya que cuanto mayor es la velocidad de la corriente, más grueso es el sedimento. En términos generales, los fondos arenosos albergan pocas especies con pocos individuos por especie; la arena limosa es la más rica, aunque la arcilla posee más biomasa pero baja densidad de organismos. Los fondos pedregosos suelen ser más ricos, tanto en diversidad como en biomasa, en especial cuando las rocas son grandes. Ello se debe a que hay más espacio disponible para la colonización como consecuencia de los espacios de agua muerta. Cuando hay vegetación la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la fauna de otros sustratos.

La temperatura de los ríos usualmente varía en una escala estacional y diaria, debido a la localización climática, altitud, a la presencia de vegetación ribereña y relativamente a las grandes entradas de agua.

Muchas especies restringen su distribución a ciertos rangos de altitud y latitud y por lo tanto a ciertos rangos de temperatura (Allan, 1995).

La concentración de oxígeno es alta y bastante constante en ambientes lóticos, por lo que esta no suele ser factor limitante. Sin embargo, sí puede serlo en ambientes contaminados o en remansos de un río o arroyo.

Suren, (1994) en un trabajo realizado en Nepal, destaca que en algunos ordenes de insectos tales como: Trichoptera, Plecoptera, Díptera Y Coleoptera, la abundancia relativa no difiere con la altitud mientras que otros grupos son más abundantes a altitudes menores a los 2000 m.

Igualmente los factores bióticos como la disponibilidad de alimentos, la competencia intra e Interespecífica, son determinantes en el establecimiento, desarrollo y consolidación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Suren 1994).

La principal fuente de energía para los ecosistemas lóticos proviene de la productividad primaria terrestre adyacente a las márgenes de los ríos, mientras que la producción primaria o autóctona (algas, perifiton, y macrofitas resulta insuficiente para el mantenimiento del ecosistema (Webster y Waide, 1982). Estudios llevados a cabo sobre dinámica trófica, hábitos alimentarios, variación estacional en la dieta de los macroinvertebrados acuáticos, han demostrado que la mayoría de estos organismos ingieren partículas de origen terrestre y que estos organismos no consumen en la mayoría de los casos las hojas recién caídas sino que se requieren días o semanas (dependiendo principalmente de la temperatura y del tipo de hoja) para hacer a estas hojas palatables para su consumo. Durante este periodo se está llevando

a cabo un proceso de condicionamiento de las hojas por parte de los microorganismos tales como bacterias y hongos que aumentan el contenido proteico de este material (Merrit y Col., 1984).

Actualmente se considera que los ríos dependen para su mantenimiento de la entrada de material alóctono, constituido principalmente por vegetación de origen terrestre (Minshall 1978; Cummins 1989; Anderson y Sedell 1979; Merrit y Lawson 1979). Se ha encontrado que en ríos de Norteamérica el 66% del alimento de los consumidores primarios es de origen alóctono siendo la entrada de este material lo que afecta la abundancia y distribución de los macroinvertebrados bentónicos (Nelson y Escott, 1962).

Debido a de la gran heterogeneidad física de los ambientes acuáticos (y en particular los cuerpos de aguas corrientes), las fuentes de alimento disponibles para los insectos acuáticos y demás invertebrados que allí habitan, son también muy diversas. Además de la contribución relativa de las fuentes autóctonas(es decir, de la materia orgánica sintetizada o elaborada por los productores primarios), también está la materia orgánica de origen alóctono, que es la principal fuente de energía en aguas corrientes. De manera general, en el flujo de energía y estructura trófica de cualquier ecosistema, bien sea terrestre o acuático, se pueden reconocer varios niveles de alimentación o niveles tróficos: Productores, consumidores primarios o herbívoros y los consumidores secundarios (carnívoros y detritívoros).

Algunos grupos de insectos acuáticos actúan como consumidores primarios y secundarios en la cadena trófica y por lo tanto contribuyen en la transferencia de energía en los ecosistemas acuáticos, a través de su participación como herbívoros, carnívoros o detritívoros. Estas categorías tróficas generales, están basadas solamente en el tipo de materia orgánica consumida y no toman en cuenta los procesos involucrados en el consumo y adquisición de tales recursos, su uso es muy restringido para describir el papel que dichos organismos desempeñan en estos ambientes, puesto que ellos han desarrollado diversas relaciones tróficas, en respuesta a la gran heterogeneidad física que allí se presenta, y que en consecuencia ha determinado una gran diversidad en sus fuentes de alimento.

Estas relaciones tróficas, de las cuales dependerá en gran parte, la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, (Merrit y Cummins, 1996), incluyen, no solo los procesos involucrados directamente en la alimentación, (ingestión, masticación, digestión y defecación), a través de las cuales afectan la naturaleza de sus fuentes de alimento, sino también los diferentes mecanismos conductuales y morfológicos que han desarrollado para explotar este medio ambiente (Wallace y Webster, 1996), llegando así a mantener y modificar el funcionamiento del ecosistema en varias maneras y no solamente por el simple consumo del alimento (Wallace y Webster, 1996).

Cummins y Klug (1979), simplificaron esta heterogeneidad en cuatro categorías alimenticias básicas, cuyos criterios de agrupamiento,

están relacionados con los mecanismos de adquisición de alimentos, tales como:

- i) el tamaño del material (grueso o fino).
- ii) La localización (unido al sustrato, suspendido o depositado en el fondo).
- iii) Presencia de clorofila.
- iv) El contenido proteínico (Merrit y Cummins, 1996).

La principal fuente de material alóctono para los ambientes lóticos es la productividad primaria terrestre en forma de, hojas, ramas, troncos, flores y frutos, y en menor proporción restos animales. El material autóctono es producido dentro del cuerpo de agua, como diatomeas u otras algas, macrofitas, fitoplancton, y en menor proporción, restos de insectos acuáticos y peces. De acuerdo con el tamaño, esta categoría se puede dividir en, *materia orgánica particulada gruesa* (MOPG), que agrupa al detritus con un tamaño de partículas mayores a 1mm. y la *materia orgánica particulada fina* (MOPF), comprende todo el detritus que se encuentra en un rango de tamaño de 0,5m μ – 1mm.

Esta relación entre las categorías de fuentes alimenticias (Detritus, Perifiton, Macrofitas, y Presas), con los mecanismos morfoconductuales que han desarrollado los insectos acuáticos para adquirir su alimento, llevó a Cummins (1973) a establecer un esquema de clasificación que organiza a los insectos acuáticos en grupos funcionales de alimentación, destacando así sus diversas relaciones tróficas. De acuerdo con este

esquema de clasificación, las relaciones tróficas de los insectos acuáticos se definen en las siguientes categorías de grupos funcionales:

DESMENUZADORES: son los insectos acuáticos y otros invertebrados de hábitos masticadores, que se alimentan tanto de los tejidos de plantas vivas (macrofitas), como de la materia orgánica particulada gruesa (MOPG) microbialmente procesada, es decir, toda la materia orgánica mayor a 1mm.

En cuanto a los mecanismos de alimentación que utilizan, este grupo incluye: masticadores, minadores, y barrenadores o taladradores, siendo por lo tanto su función principal, la de fragmentar la materia orgánica gruesa en partículas más finas, facilitando así su disponibilidad para otros invertebrados.

COLECTORES: son los que se alimentan de la materia orgánica particulada fina (MOPF), es decir, el detritus con un tamaño de partículas menor a 1mm, y en menor proporción (en el caso de los ambientes lénticos) organismos del plancton (fitoplancton y zooplancton). Este grupo, a su vez comprende dos tipos de organismos funcionales, los filtradores, aquellos que se alimentan del material orgánico en suspensión (usando para ello el mecanismo de la filtración), especialmente comunes en aguas corrientes; y los recolectores, los que se alimentan de las partículas orgánicas presentes en el sedimento y que son comúnmente encontrados en el fondo de agua lénticas o de corrientes muy suaves. Como grupo funcional, estos insectos, participan en el procesamiento de la materia

orgánica fina, facilitando así su incorporación en forma de materia orgánica disuelta, a otros organismos de la cadena trófica.

RASPADORES: son los insectos que se alimentan del material vegetal adherido a un sustrato, particularmente el perifiton, cuyo tamaño es menor a 1mm, para lo cual presentan adaptaciones morfo-conductuales que les permite raspar la superficie de dicho sustrato tales como: mandíbulas en forma de paleta con bordes cortantes, mandíbulas con superficies internas dentadas, mandíbulas robustas con fuertes dientes y cepillos en los palpos labiales y maxilares (Cummins y Klug 1979; Lamberti y Moore 1984). Además de estas adaptaciones, dichos organismos han desarrollado importantes adaptaciones estructurales, para mantener su posición en superficies expuestas a la corriente y así poder explotar su alimento (cuerpo aplanado dorsoventralmente, y ventosas).

DEPREDADORES: dentro de esta categoría se incluyen todos los insectos acuáticos carnívoros que están adaptados especialmente para la captura de presas vivas, cuyo tamaño es mayor a 1mm. Este comportamiento también puede presentarse en miembros de los grupos funcionales anteriores, en la medida que alcanzan mayor desarrollo. Es probable que este hecho se debe a que en ciertas etapas de su ciclo de vida, los insectos necesitan un alto contenido de proteínas en su dieta, para facilitar su crecimiento (Cummins y Klug, 1979). Los principales mecanismos que utiliza este grupo para adquirir su alimento, son la ingestión completa de la presa, y la succión de fluidos, mediante la perforación de los tejidos celulares de la presa (Cummins 1973).

En cada grupo funcional, pueden existir miembros de distintos niveles tróficos de acuerdo con la naturaleza de la materia orgánica consumida, lo cual indica que el mismo mecanismo de adquisición de alimento, les permitirá ingerir un amplio rango de recursos. Estos organismos han desarrollado diferentes maneras de explotar sus fuentes de energía, lo cual les permite adaptarse exitosamente a varios tipos de hábitats acuáticos.

En un intento por demostrar que los ríos no son ecosistemas aislados sino que mantienen una interacción constante con los ecosistemas ribereños Vannotte *et al* (1980) introducen el concepto del continuo del río, en el cual proponen que el sistema río–bosque tiene una estructura longitudinal como resultado de un gradiente de fuerzas físicas que cambian predeciblemente a lo largo y ancho del río. Desde la cabecera de los ríos hasta sus desembocaduras, las variables físicas presentan un gradiente continuo de condiciones. Este gradiente puede producir una serie de respuestas dentro de los componentes de las poblaciones de los macroinvertebrados bentónicos resultando un continuo ajuste biótico, que consisten en un modelo de carga, transporte y almacenamiento de materia orgánica a lo largo y ancho del río. Desde el punto de vista trófico esta teoría propone que los ríos son un continuo de hábitats y por lo tanto las fuentes de alimento cambian desde las cabeceras hasta su desembocadura. En la cabecera del río donde existe abundante vegetación terrestre, la principal fuente de energía la constituye la materia orgánica particulada gruesa, la cual esta

conformada por hojas, semillas, tallos herbáceos y leñosos, etc. Este es el recurso alimenticio mas importante para un grupo particular de macroinvertebrados denominados fragmentadores. A medida que aumente el tamaño del río la densidad de la vegetación ribereña se reduce; la contribución relativa de la materia orgánica alóctona disminuye en relación con la autóctona. Además, al estar el lecho del río desprovisto de la cobertura vegetal ribereña, la penetración de la luz da como resultado un mayor desarrollo del perifiton y las algas, que constituyen las fuentes de alimentación mas importante para otro tipo de organismos bentónicos denominados raspadores. En esta zona del río, la materia orgánica particulada se ha convertido a través de una serie de procesos físicos – químicos en materia orgánica particulada fina (Wallace y Merrit,1980), la cual es la principal fuente de alimento para los macroinvertebrados bentónicos denominados filtradores y colectores (figura 1).

Este concepto propone que los ríos pueden clasificarse en diferentes categorías basándose en el tamaño, funcionamiento y la estructura, agrupándolos de la siguiente manera: Cabeceras (orden 1 – 3), parte media (orden 4 – 6) y zonas del orden 6 en adelante (figura 1)

HIPOTESIS DEL CONTÍNUO DEL RÍO

(Vannote et al, 1980)

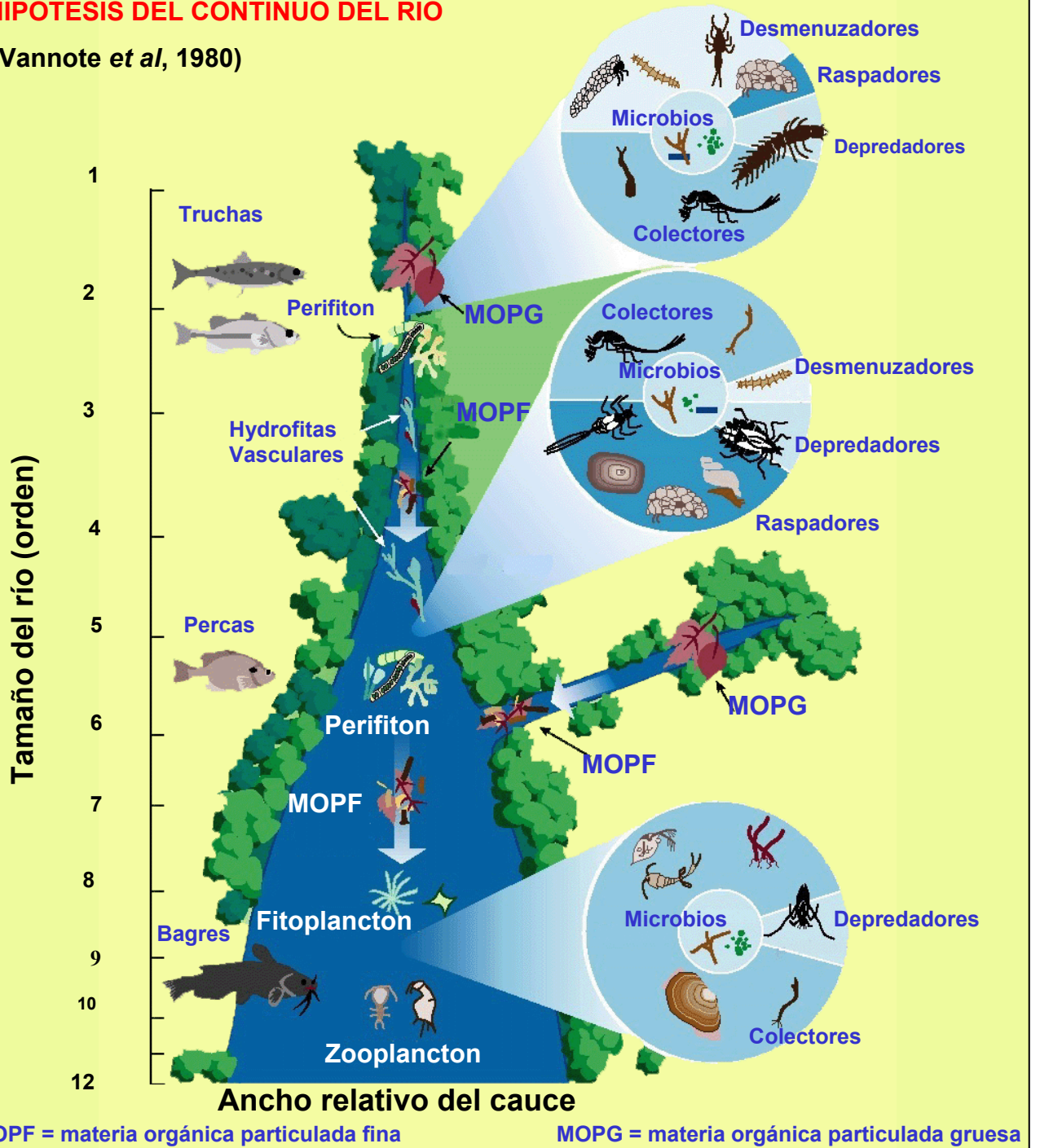


Figura 1. Esquema representativo del concepto del continuo del río

La zona de las cabeceras se encuentran fuertemente influenciadas por la vegetación riparia la cual reduce la producción autotrófica en esta parte del sistema por el sombreado que produce el follaje sobre el río lo que a su vez se traduce en un incremento del aporte de detritus alóctono al río. Esta sección del río se caracteriza por presentar una relación Producción/respiración (P/R) menor a uno, es decir que la respiración es mayor que la producción.

A medida que el tamaño del río aumenta, se reduce la importancia de la entrada del material orgánico terrestre, coincidiendo con un aumento significativo de la producción primaria autóctona y el transporte de la materia orgánica desde las cabeceras. Esta transición de la zona de las cabeceras (heterotróficas) a la parte media del río (autotrófica), va a depender en gran medida de los aportes terrestres, es decir, el grado de sombreado (Minshall, 1978).

En la zona intermedia del río el sistema cuenta ahora con la producción de plantas vasculares y algas, lo que se evidencia con el cambio en la relación producción primaria y la respiración de la comunidad ($P/R > 1$). El nivel al cual se alcanza el cambio de una condición heterotrófica a una autotrófica va a depender del tipo de ecosistema que atraviese el río, así por ejemplo, en ecosistemas como bosques de coníferas, la transición se alcanza probablemente en el orden 3.

Al tratar de extrapolar los postulados de la teoría del continuo a los ríos andinos, se encuentra que estos presentan algunas diferencias

importantes con el modelo de cambios estructurales que ocurren longitudinalmente en un río de las zonas templadas. De acuerdo al modelo del continuo las cabeceras de los ríos templados se encuentran por lo general dentro de bosques de coníferas, que proporcionan al cuerpo de agua gran cantidad de materia orgánica gruesa, conformada principalmente por hojas, tallos, frutos y semillas. En el caso de los ríos andinos, por lo general su nacimiento se encuentra en zonas muy elevadas, conocidas como páramos, que se caracterizan por tener una cubierta vegetal de pequeño porte que no superan los 1,5 m de altura (Monasterio, 1980). Otra diferencia considerable es que en la zona de páramo, debido a la poca cobertura de la vegetación, la luz solar incide directamente sobre el agua, lo cual debe tener efectos importantes sobre la producción primaria. Esta situación debe ser determinante para que el modelo de carga, transporte y almacenamiento de materia orgánica en las cabeceras de los ríos andinos sea también diferente a los ríos de las zonas templadas. En los andes, una vez que los cursos de agua dejan la zona de páramo, entran en zonas boscosas, que en su gran mayoría se corresponden con las selvas nubladas, que por lo general se encuentran por debajo de los 3000 m.s.n.m. Estas selvas se caracterizan por poseer varios estratos arbóreos de gran diversidad específica y una gran variedad de epifitas, con una gran densidad del follaje y hojas de tamaño exuberante. Todas estas características hacen que las zonas boscosas en los andes, sea una gran fuente de materia orgánica gruesa para los

ríos, además de ser un factor limitante para la producción primaria en el agua, debido a la interferencia que ofrecen al paso de la luz solar.

Dentro del contexto de la teoría del continuo del río en este trabajo planteamos que los cambios en estructuración de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ríos andinos están asociados a los cambios altitudinales de condiciones ambientales que ocurren a lo largo de su cursos. Para contrastar esta hipótesis se propuso como objetivo general determinar la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos que conforman un gradiente altitudinal dentro de las unidades ecológicas de Páramo y Zonas Boscosas. Para lograr este objetivo general se plantearon los objetivos específicos siguientes:

- Colectar los macroinvertebrados bentónicos en tramos de ríos que se encuentren tanto en ambientes de páramo como en zonas boscosas.
- Clasificar hasta el nivel taxonómico de familia los macroinvertebrados bentónicos colectados.
- Evaluar la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los diferentes sitios de muestreo.
- Caracterizar ecológicamente los sitios de muestreo.
- Relacionar la estructura y composición de la comunidad con los parámetros ambientales de los diferentes sitios de muestreo.

AREA DE ESTUDIO

Esta investigación se desarrolló en la parte alta de la cuenca del río Chama, la cual para los propósitos de este estudio quedó definida por todos los cuerpos de agua corriente que confluyen en el cause principal por encima de los 1500 m.s.n.m.

Desde el punto de vista de su localización relativa se sitúa entre los 8°48'04" y los 71°02'48" de latitud Norte, y entre los 70°48'04" y los 71°02'48" de longitud Oeste.

El río Chama nace en el Páramo de los Buitres en la Sierra de la Culata en el Edo. Mérida a más de 4200 m.s.n.m. Los primeros Kilómetros del recorrido son hechos dentro de la Sierra de la Culata. Inicialmente el curso está orientado hacia el noreste, hasta llegar al Páramo las Cruces donde cambia bruscamente su trayectoria hacia el sur. En este trecho inicial, entre sus nacientes y la unión con la Quebrada El Aguila, el río Chama se conoce popularmente como Quebrada Mifafi. Luego de unirse a la Quebrada El Aguila, su trayecto se dirige hacia el sur sobre los terrenos del valle que separa la Sierra de La Culata y los inicios de la Sierra de Trujillo hasta llegar cerca de la población de Apartaderos. Desde éste punto el río cambia la orientación de su curso hacia el suroeste y corre sobre el valle formado por la convergencia de la Sierra de La Culata y la Sierra Nevada. El río mantiene esta dirección hasta llegar a tener una altitud aproximadamente de 400 m.s.n.m. cerca de la localidad de Estanques. En éste sitio el río reorienta su dirección hacia el norte y se dirige hacia su receptor final el Lago de Maracaibo, a través de una

depresión que atraviesa perpendicularmente el eje longitudinal de la Sierra La Culata. La extensión de todo éste recorrido alcanza un total de 185 Km (Andressen y Ponte, 1973).

En la parte alta el río tiene un recorrido de 55 Km y desciende 2960 m, lo cual origina una pendiente de un 5.4% (Andressen y Ponte, 1973). La casi totalidad de los afluentes de la margen izquierda del río nacen dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, mientras que los afluentes de la margen derecha tienen sus nacientes en el Parque Nacional la Culata.

El área se caracteriza por una topografía irregular con fuertes pendientes, especialmente la vertiente izquierda (Sierra Nevada), que en su mayor parte entra en contacto directo con el río Chama de manera abrupta formando pendientes mayores al 50%, mientras que en la vertiente derecha (Sierra de La Culata) las pendientes son más suaves, ya que no hay un contacto directo con el río, sino con los depósitos aluviales que forman sus valles (Molina y Vergara, 1997).

Desde el punto de vista climático, en la zona encontramos dos regímenes pluviométricos: unimodal y bimodal. El unimodal, es predominante en el sector superior de la cuenca (por encima de Mucuchies), con las precipitaciones concentradas en un periodo único del año (mayo – octubre), el cual está influenciado por las masas de aire procedentes de los Llanos Occidentales. El bimodal es característico en el sector inferior de la cuenca (por debajo de Mucuchies), estando influenciado por las masas de aire provenientes del Lago de Maracaibo y

caracterizado por presentar dos máximos (abril - mayo y agosto – octubre) y dos mínimos (diciembre – febrero y julio) Monasterio (1980)

Monasterio (1980) clasifica las formaciones vegetales andinas de acuerdo a dos gradientes. La variación térmica altitudinal y la variación hídrica. La misma autora destaca, que la vegetación primitiva en algunos sectores ha sido muy intervenida sustituyéndose por formaciones secundarias y aún terciarias. De acuerdo a la clasificación de Monasterio (1980), las principales formaciones vegetales que se encuentran en la Cordillera de Mérida son las siguientes:

La Selva Estacional que ocupa las vertientes inferiores por debajo de 1000 m y con rangos de precipitación que van aproximadamente entre 1500 – 2000 mm.

El Bosque Deciduo sobrepasando ligeramente los 1000 m de altura y con precipitaciones alrededor de los 1000 mm.

El Arbustal Espinoso que puede llegar aproximadamente hasta los 1600 – 1800 m.s.n.m y con promedios de precipitación entre los 2000 – 2500 mm.

La Selva Submontana que alcanza hasta aproximadamente 1800 m y con alta precipitación, entre 2000 – 2500 mm.

La Selva Estacional Montana que se encuentra a altitudes parecidas a la anterior, pero con promedios de precipitación inferiores entre 1500 – 2000 mm.

La Selva Siempre Verde Seca hasta un poco mas de 2000 m con lluviosidad entre 1000 – 1500 mm.

La Selva Nublada Montana Baja, con alta pluviosidad entre 2000 – 2500 mm, hasta 2000 m de altitud aproximadamente.

La Selva Nublada Montana Alta, con rangos de precipitación muy variables desde unos 1400 mm hasta 2500 mm y mas pudiendo llegar en ocasiones hasta 3000 m de altitud y descendiendo hasta 1800 m.s.n.m.

El Páramo con sus pisos Andino y Altiandino, con rangos de precipitación variables y altitudes sobre los 3000 m por lo general.

En el presente trabajo sólo haremos referencia a las formaciones vegetales del Páramo, La Selva Siempre verde Seca, La Selva Nublada Montana Baja y La Selva Nublada Montana Alta. Estas tres ultimas formaciones vegetales para efectos de este estudio se agruparan en una sola la cual denominaremos Zonas Boscosas.

En la región del páramo en Venezuela se han caracterizado dos pisos altitudinales, el inferior o piso Andino y el superior o Altiandino, en los cuales se han encontrado 7 tipos principales de vegetación, que se denominan: Páramo Desértico, Desierto periglacial, Bosque altimontano, Páramo, pajonal paramero, pastizal paramero. (Monasterio, 1980).

El Páramo Andino desde el punto de vista fisonómico es una formación heterogénea, ya que se puede presentar como rosetal puro pasando por todas las transiciones de rosetal – arbustal, arbustal – rosetal, hasta llegar casi a arbustales puros. Esta formación consta de tres estratos, el estrato más alto, entre 0.50 y 1.50 m, esta formado por rosetas y arbusto. El segundo estrato tiene una altura entre 20 y 50 cm. Está formado esencialmente por gramíneas. En la formación Páramo

Andino este segundo estrato puede faltar, encontrándose entonces solamente el estrato más alto y el más bajo. El tercer estrato, entre 3 y 10 cm, posee una cobertura muy variable en función de los anteriores. Está compuesto principalmente por gramíneas y herbáceas de pequeño porte. Los diversos sustratos totalizan una cobertura del 100% no existiendo suelo desnudo en esta formación (Monasterios, 1980).

Se define a la selva nublada como una formación vegetal particular de montaña, caracterizada por estar afectada por un régimen de nubosidad muy frecuente durante todo el año, particularmente durante horas de la tarde y de la noche (Vivas, 1992).

La Selva Nublada Montana Baja ocupaba primitivamente los faldeos montañosos entre los 1.700 y los 2.200 m aproximadamente. El límite inferior donde esta unidad es remplazada por la selva estacional o por el bosque siempre verde seco, es de carácter ampliamente ecotonal, mientras que el límite superior aparece mucho más nítido, dado por significativos cambios florísticos (Sarmiento *et. al.*, 1971).

La selva Nublada Montana Alta, se encuentra entre los 2.100 – 2.200 y los 3.000 – 3.300 m. Tanto su límite inferior con la selva nublada montana baja como su límite superior con el páramo son netos. Dentro de esta unidad, a pesar de tener un conjunto numeroso de especies que la definen en todo su rango altitudinal, pueden diferenciarse varios tipos fisonómicos – florísticos, dados fundamentalmente por cambios en las especies dominantes y por un empobrecimiento altitudinal gradual del bosque. Así entre su límite inferior y los 2.600 m se presenta el bosque

más alto, más rico en especies. Entre los 2.600 y los 3.000 m, el bosque se empobrece. Por encima de los 3.000 – 3.200 m, el bosque se transforma en una franja angosta de bosque bajo, achaparrado, de poco fuste, con especies que marcan una transición con los páramos.

Este bosque conforma un ecosistema de extraordinaria importancia regional, si tomamos en cuenta que la Selva Nublada es el reservorio hidrológico andino por excelencia que alimenta a los cursos de agua.

En cuanto al uso que ha tenido la cuenca, cabe destacar que en ella, tradicionalmente se han venido desarrollando actividades agrícolas y pecuarias de manera intensiva, que han traído consigo una marcada alteración de la vegetación original de la cuenca (especialmente en el fondo del valle y partes bajas de las vertientes), y en consecuencia severos efectos erosivos dentro de la misma (Molina y Vergara, 1997).

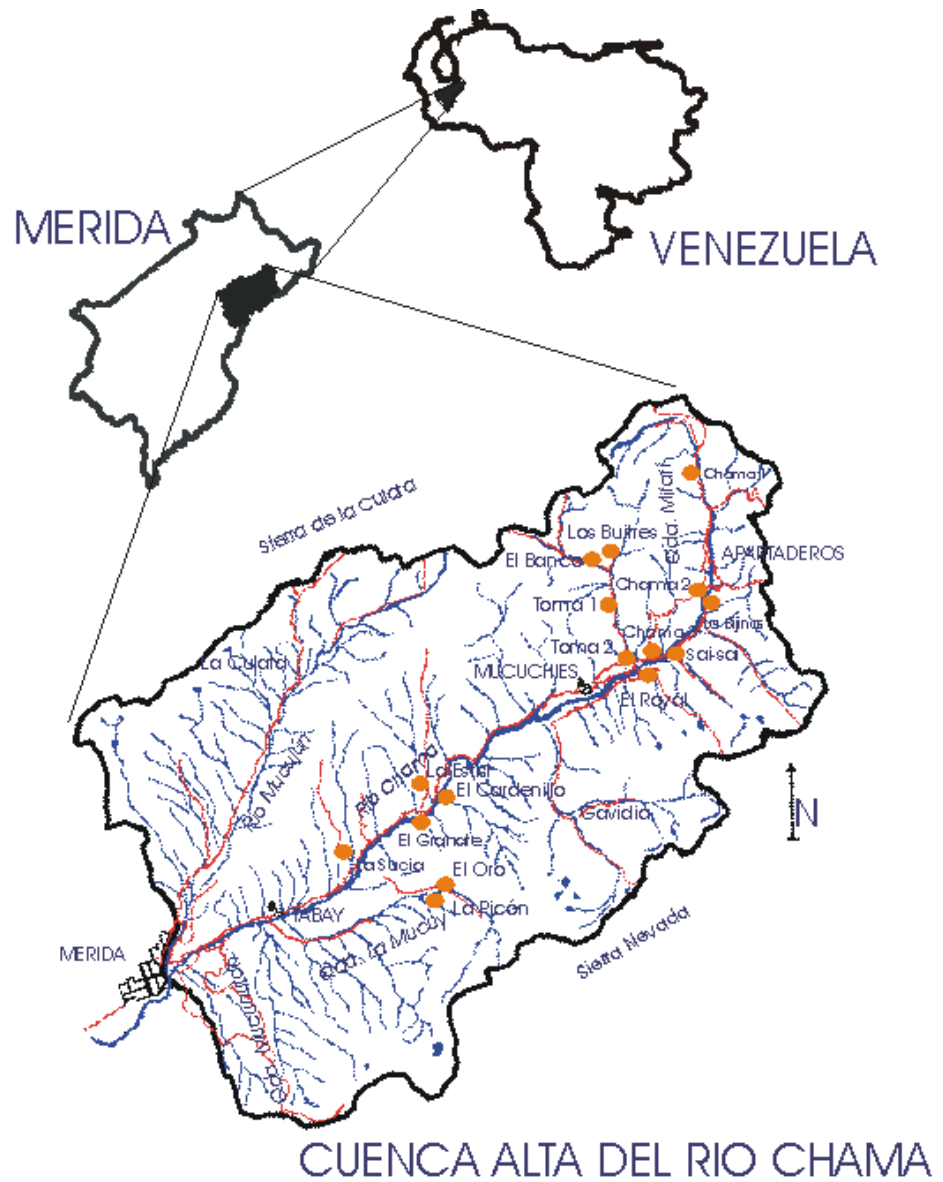


Figura 2. Posición relativa del área de estudio. Sitios de muestreo dentro del área de estudio. Cuenca alta del río Chama. Mérida. Venezuela. Esc:

1:333. 333

METODOLOGÍA

Colecta de macroinvertebrados

Se seleccionaron en diferentes puntos altitudinales 15 ríos y 18 sitios de muestreo en la parte alta de la cuenca del río Chama. Cada sitio estuvo formado por un tramo del cauce de aproximadamente 50 metros. Para efectos de la colecta de macroinvertebrados bentónicos este tramo se subdividió en cinco segmentos de 10 m de longitud (figura 3).

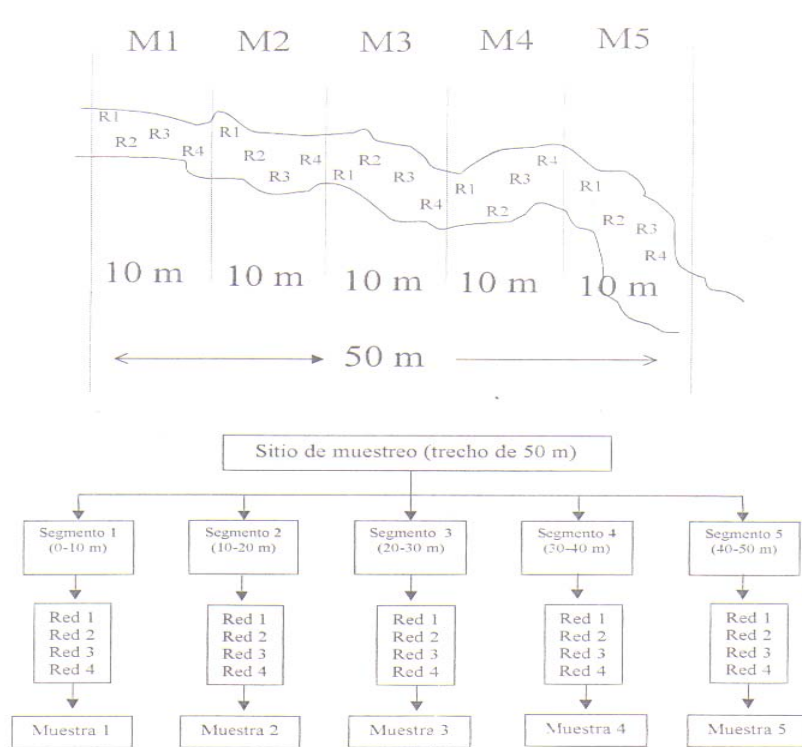


Figura 3. Esquema de trabajo de campo, para la colecta de los macroinvertebrados bentónicos.

En cada uno de los cinco segmentos de 10 m, se colectaron los macroinvertebrados bentónicos en rápidos y/o corrientes de poca profundidad, usando una red con una abertura de poros de 300 micras. En cada segmento se recolectaron un total de cuatro submuestras que luego se consolidaron en una sola gran muestra. La colecta de macroinvertebrados se efectuó colocando la red a contra corriente, removiendo con las manos y en frente de la boca de la red el sustrato del fondo o la vegetación sumergida. Los organismos desalojados del sustrato que fueron arrastrados aguas abajo se capturaron con la red (figura 4). Posteriormente la muestra se colocó en un tamiz y se traspasaron a una bolsa de polietileno y fueron preservados en alcohol al 80%.

En el laboratorio las muestras se limpiaron y los macroinvertebrados bentónicos se cuantificaron y clasificaron hasta el nivel taxonómico de Familia con la ayuda de la clave de Merrit y Cummins (1996).



Figura 4. Muestreo cualitativo de los macroinvertebrados bentónicos

Valoración del hábitat

Para evaluar la condición del hábitat se realizaron observaciones directas de una serie de parámetros propios del cuerpo de agua y presentes en el entorno. Estas observaciones fueron guiadas por una planilla que permite el registro de dichos parámetros. El modelo de planilla es una modificación de la planilla utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos en la bioevaluación de los ríos (EPA, 1996). La planilla consta de cinco columnas. En la primera encontramos los parámetros a medir y las cuatro restantes representan diferentes categorías de calificación del parámetro con cinco valores de calificación: Pobre (1-5 pts), marginal (6-10 pts), subóptimo (11-15 pts) y óptimo (16-20 pts)). De modo que un observador puede asignar a cada parámetro un valor que va de de 20 a 0 con el cual se intentan cuantificar las condiciones de cada parámetro en cada sitio de estudio. La sumatoria

total de la puntuación de todos los parámetros permite calcular el valor del hábitat (VHA) (ver Apéndice).

Valoración Química

Para caracterizar la calidad del agua en cada sitio de muestreo se registraron los siguientes parámetros pH, dureza del agua, oxígeno disuelto y la materia orgánica en suspensión.

La alcalinidad y la dureza fueron medidos mediante métodos volumétricos convencionales de análisis químico (Golterman, 1969). La temperatura se midió con un termómetro de mercurio, el pH y la conductividad se determinaron mediante instrumentos convencionales de medición. El oxígeno disuelto se determinó mediante el método Winkler (Owen, 1974).

La materia orgánica en suspensión fue medida mediante por el método descrito por Wallace *et al*, 1996. Un volumen de agua de los ríos el cual varió entre 1 y 2 litros, fue filtrada a través de un disco de fibra de vidrio con la ayuda de una bomba de vacío. El remanente colectado en el filtro se llevó a la estufa a 60 °C por 24 horas, luego la muestra se pasó a un desecador y posteriormente fue pesado en una balanza, constituyendo este el peso de la muestra "a" (materia orgánica en suspensión más filtro). Esta se colocó en un crisol y se llevó a una mufla a 500 °C por una hora, hasta la obtención de ceniza. El filtro conteniendo la ceniza fue pesado al enfriarse, obteniéndose la muestra "b". El peso seco de la materia orgánica se obtuvo mediante la diferencia de estos pesos y el contenido

de materia orgánica en suspensión se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{(mg)MOS}{L} = \frac{[pesomuestra(a) - pesomuestra(b)] \times 1000}{Vol.delamuestra}$$

Valoración física

En cada sitio se midieron las variables físicas siguientes: temperatura, ancho del cauce, profundidad, velocidad de la corriente y pendiente.

Para medir el ancho del cauce se utilizó una cinta métrica y se tomaron dos medidas: cauce máximo y cauce actual, en cada segmento del tramo seleccionado. Para la profundidad se usó una varilla graduada en cm y se tomaron tres medidas en puntos ubicados a 25%, 50%, 75% del ancho del cauce del río. La temperatura se midió en °C usando un termómetro de mercurio.

Otros parámetros físicos medidos en forma indirecta fueron el porcentaje de llenado y el caudal. El porcentaje de llenado se determinó multiplicando por cien la relación entre el ancho del cauce actual y el ancho máximo del cauce. Para calcular el caudal se usó la ecuación de Enbody's (Welch, 1948).

Ecuación de Enbody's:

$$R = W * D * A * V$$

donde, R= flujo en (m³ / seg)

W= Promedio del ancho de la sección evaluada

D= Promedio de la profundidad en metros

A= constante (0,8 para sustratos rocosos)

V= velocidad de la corriente (m/seg)

La velocidad de la corriente se estimó con el método del flotador en cuatro secciones de la transecta, el cual consiste en medir el tiempo en que tarda el flotador en recorrer un trecho del río de longitud conocida. La pendiente se determinó con la ayuda de un clinómetro. Para la cobertura de la vegetación se hizo una estimación indirecta, midiendo con un clinómetro el ángulo que se forma entre la línea imaginaria a la altura del observador y las copas de los árboles.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se usaron varios métodos de estadística multivariada con diferentes propósitos. El Análisis de Componentes Principales (ACP) (Fariñas, 1996) se utilizó para ordenar los ríos en función de las variables ambientales. El método de clasificación *Two Way Indicator Species Analysis* (TWINSPAN) (Hill, 1979), sirvió para agrupar los ríos de acuerdo a la composición de taxa. y el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) (Fariñas, 1996) con el propósito de obtener un ordenamiento de los ríos usando simultáneamente las abundancias de los taxa y las variables ambientales. La diversidad se cuantificó con el Número de Hill (N_1) (Segnini, 1995) y las comparaciones de valores promedios entre muestras para algunas variables se efectuaron con la prueba de rangos de Mann-Whitney (Daniel, 1989).

RESULTADOS

Caracterización ambiental de los trechos de ríos estudiados.

En cada uno de los sitios muestreados se midió un total de dieciocho variables ambientales que se muestran en la tabla 1 con sus valores, máximos, mínimos y el coeficiente de variación. De estos resultados llama la atención la gran variabilidad que mostró la mayoría de las propiedades ambientales medidas.

Con el propósito de caracterizar ambientalmente los ríos estudiados, estos fueron ordenados en función de las variables ambientales mediante un análisis de componentes principales (figura 5). Los resultados muestran que los ríos se separaron claramente en dos grupos. El primer grupo, que se pueden ubicar en la figura en los dos cuadrantes del lado derecho, esta formado por ocho ríos (Cardenillo, Granate, Sucia, Estiti,, Picon, Oro, Mucuy y Leona) que se encuentran en altitudes menores a los 2200 m y están asociados significativamente ($p < 0.05$; $n = 18$; $r > 0.4683$) con el caudal, la profundidad, la velocidad de la corriente y la materia orgánica disuelta. El segundo grupo de ríos, ubicados en los dos cuadrantes del lado izquierdo de la figura, se encuentra por encima de los 2800 m altitud y esta integrado por un total de diez ríos (Chama 1, Matica, Bijinoz, Royal, Toma 1, Buitres, Bancos, Toma 2, Chama 3, Sai – Sai), Este grupo esta asociado significativamente con la altitud, la dureza, la alcalinidad y la conductividad (Tabla 2). Es

importante destacar que el primer grupo de ríos con una altitud inferior a los 2200 m de altitud queda localizado dentro de las unidades vegetales de Selva Nublada, Selva Nublada Montana Alta y Montana Baja, las cuales, para efectos de este estudio, denominamos Zona Boscosa. El segundo grupo de ríos, con altitud superior a los 2800 m quedó ubicado en la unidad ecológica denominada Páramo Andino.

Tabla 1. Variables ambientales registradas en dieciocho sitios muestreados en la cuenca alta del río Chama y sus valores máximos y mínimos

| | Altitud | Hábitat | MOS | MOD | Cobertura | Llenado | Profundidad | Caudal | Altura del cauce | Pendiente | V. de la corriente | Temp. Del agua | Conductividad | Oxig. Disuelto | pH | Dureza | Alcalinidad |
|---------|---------|---------|------|------|-----------|---------|-------------|--------|------------------|-----------|--------------------|----------------|---------------|----------------|------|--------|-------------|
| Chama1 | 3400 | 74,00 | 0,80 | 0,82 | 1,25 | 69,66 | 0,22 | 0,11 | 0,71 | 13,00 | 0,43 | 10,00 | 1,79 | 8,40 | 0,38 | 23,27 | 1,18 |
| Chama2 | 3200 | 58,00 | 0,51 | 0,78 | 1,25 | 79,60 | 0,16 | 0,13 | 0,73 | 6,50 | 0,49 | 15,00 | 2,13 | 8,80 | 0,35 | 41,17 | 1,53 |
| Bijinoz | 3075 | 54,00 | 0,53 | 0,55 | 1,17 | 56,89 | 0,14 | 0,05 | 0,56 | 9,50 | 0,52 | 14,50 | 1,66 | 8,50 | 0,36 | 21,48 | 1,11 |
| Royal | 2800 | 57,00 | 0,41 | 0,63 | 0,94 | 45,81 | 0,17 | 0,07 | 1,20 | 22,00 | 0,58 | 13,00 | 1,91 | 9,05 | 0,36 | 28,64 | 1,34 |
| Toma1 | 3200 | 61,00 | 0,32 | 0,73 | 0,98 | 41,04 | 0,33 | 0,03 | 1,35 | 6,50 | 0,57 | 13,50 | 1,85 | 8,95 | 0,37 | 28,64 | 1,34 |
| Buitres | 3400 | 72,00 | 0,82 | 0,58 | 1,19 | 86,06 | 0,16 | 0,05 | 0,62 | 7,50 | 0,35 | 9,00 | 1,71 | 8,00 | 0,37 | 25,06 | 1,18 |
| Bancos | 3400 | 69,00 | 0,72 | 0,42 | 1,16 | 60,00 | 0,22 | 0,11 | 0,92 | 13,50 | 0,36 | 15,00 | 1,98 | 7,40 | 0,37 | 28,64 | 1,51 |
| Toma2 | 2800 | 68,00 | 0,68 | 0,47 | 1,16 | 57,07 | 0,25 | 0,21 | 0,95 | 16,00 | 0,59 | 14,50 | 1,98 | 7,25 | 0,36 | 30,43 | 1,38 |
| Chama3 | 2900 | 42,00 | 0,59 | 0,45 | 1,24 | 23,09 | 0,23 | 0,20 | 1,52 | 3,50 | 0,58 | 13,50 | 2,18 | 7,95 | 0,37 | 42,07 | 1,61 |
| Saisai | 2950 | 48,00 | 0,71 | 0,40 | 1,06 | 18,92 | 0,10 | 0,02 | 1,15 | 7,00 | 0,19 | 13,00 | 1,79 | 7,80 | 0,38 | 19,69 | 1,18 |
| Estiti | 2100 | 87,00 | 0,59 | 0,47 | 0,83 | 91,73 | 0,28 | 0,25 | 0,81 | 11,00 | 0,82 | 16,00 | 1,71 | 7,90 | 0,37 | 18,80 | 1,11 |
| Carden | 2100 | 86,00 | 0,48 | 0,37 | 0,76 | 67,64 | 0,27 | 0,20 | 0,98 | 3,00 | 0,57 | 12,00 | 1,61 | 8,60 | 0,37 | 17,90 | 1,00 |
| Granate | 2000 | 82,00 | 0,53 | 0,98 | 0,97 | 54,38 | 0,18 | 0,12 | 0,74 | 15,00 | 0,69 | 17,00 | 1,75 | 7,80 | 0,37 | 21,48 | 1,04 |
| Sucia | 1850 | 75,00 | 0,52 | 0,67 | 0,57 | 82,32 | 0,25 | 0,30 | 0,72 | 7,00 | 1,03 | 16,50 | 1,71 | 8,25 | 0,37 | 24,17 | 1,08 |
| Oro | 2200 | 90,00 | 0,66 | 0,83 | 0,32 | 78,59 | 0,33 | 0,43 | 0,92 | 7,00 | 0,72 | 12,00 | 1,49 | 8,60 | 0,37 | 14,32 | 1,18 |
| Picon | 2200 | 87,00 | 0,67 | 0,83 | 0,62 | 63,06 | 0,16 | 0,18 | 0,60 | 14,50 | 0,72 | 13,50 | 1,71 | 8,25 | 0,37 | 22,38 | 1,11 |
| Mucuy | 1800 | 51,00 | 0,71 | 0,93 | 1,25 | 31,37 | 0,26 | 0,38 | 0,95 | 6,00 | 0,83 | 16,50 | 1,61 | 7,80 | 0,37 | 14,32 | 1,04 |
| Leona | 1825 | 49,50 | 0,70 | 1,10 | 1,24 | 41,44 | 0,38 | 0,42 | 0,61 | 10,50 | 0,93 | 17,00 | 1,66 | 8,10 | 0,37 | 10,74 | 0,95 |

X: Media

%CV : Promedio del coeficiente de variación

VM : Valor máximo de las variables medidas

VM: Valor máximo de las variables medidas

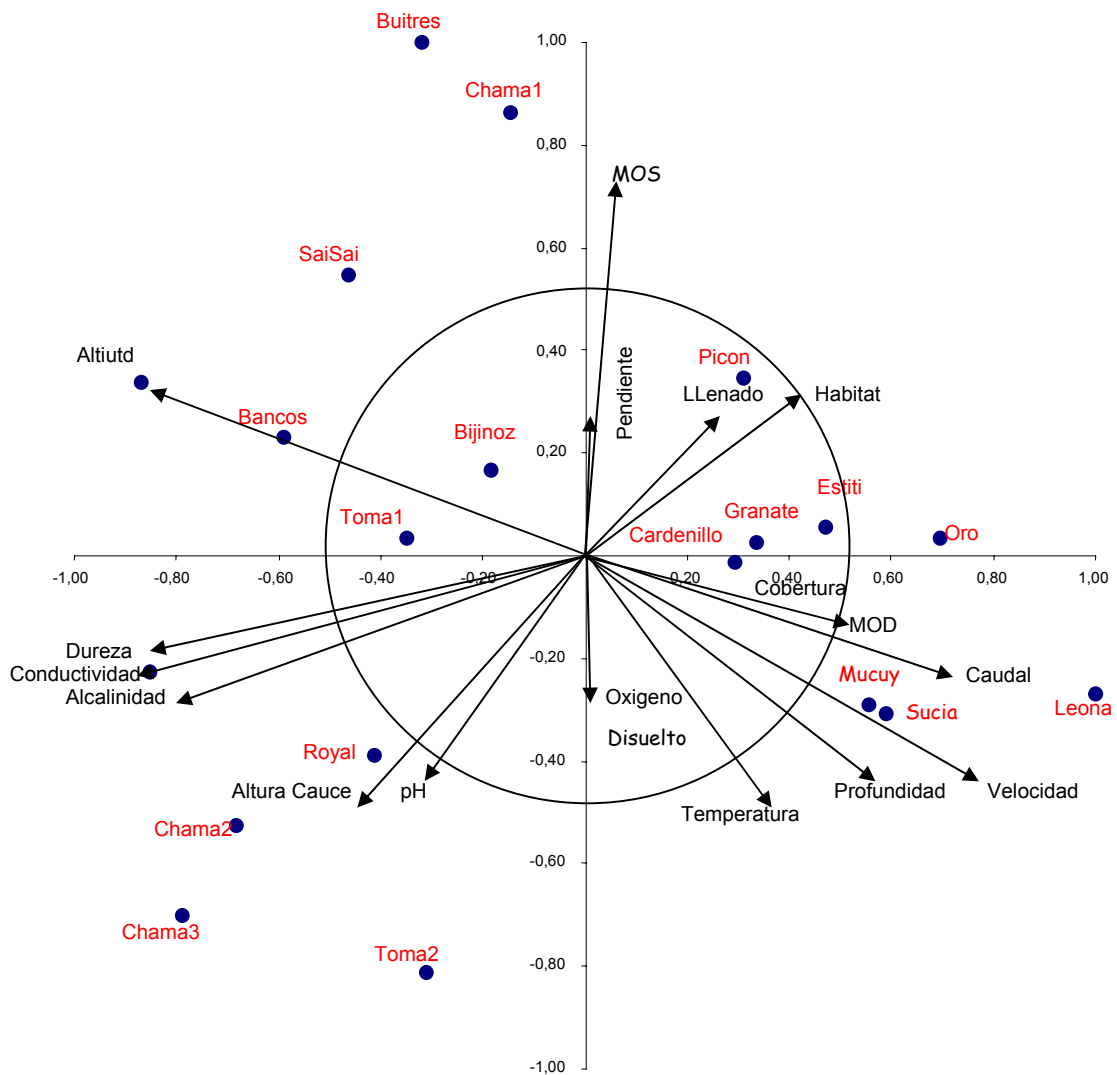


Figura 5. Ordenamiento de los ríos muestreados en la cuenca alta del río Chama utilizando las variables ambientales mediante un análisis de componentes Principales. Con un r significativo de 0.4683 para un $n = 18$

Algunas de las variables ambientales también mostraron una clara diferenciación cuando se examinaron los valores promedios en ambos grupos de ríos. En la figura 6 se representa mediante los gráficos de caja y extensión, la distribución de los valores de las variables en los ríos de las dos unidades ecológicas y en la Tabla 3 se muestra cuales variables muestran diferencias significativas en sus valores promedios.

Tabla 2. Valores de correlación de las variables ambientales con los ejes 1 y 2

| VARIABLES | Correlación con eje X | Correlación con eje Y |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Altitud | -0,869 | 0,336 |
| Valor Hábitat | 0,438 | 0,352 |
| MOS | 0,088 | 0,738 |
| MOD | 0,544 | -0,145 |
| Cobertura | 0,358 | -0,013 |
| Llenado | 0,276 | 0,264 |
| Profundidad | 0,558 | -0,437 |
| Caudal | 0,756 | -0,263 |
| Altura Cauce | -0,483 | -0,512 |
| Pendiente | 0,008 | 0,273 |
| Velocidad corriente | 0,789 | -0,459 |
| Temperatura | 0,374 | -0,545 |
| Conductividad | -0,894 | -0,253 |
| Oxígeno | 0,004 | -0,325 |
| PH | -0,376 | -0,483 |
| Dureza | -0,854 | -0,225 |
| Alcalinidad | -0,835 | -0,321 |

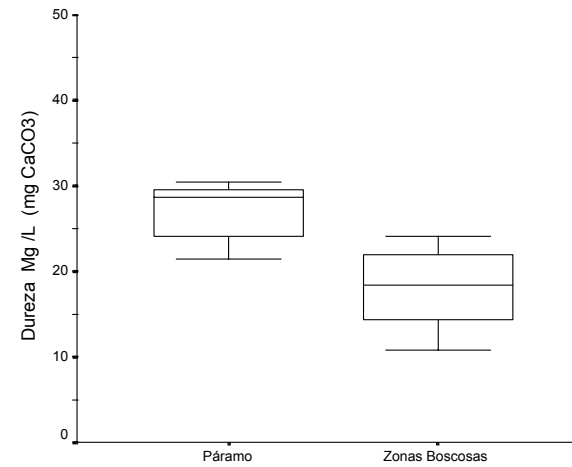
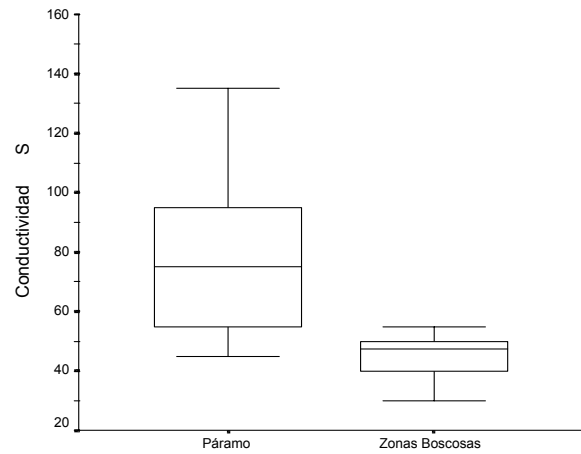
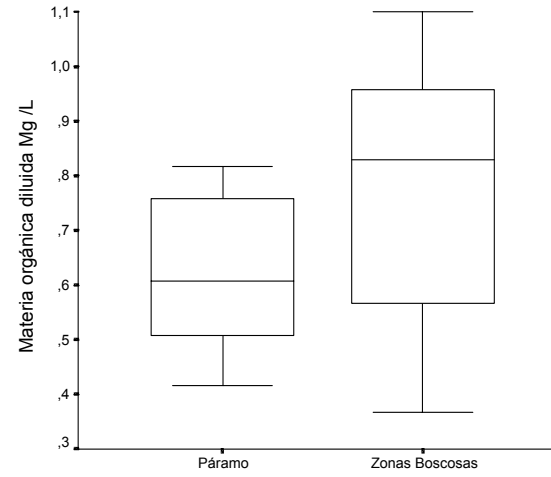
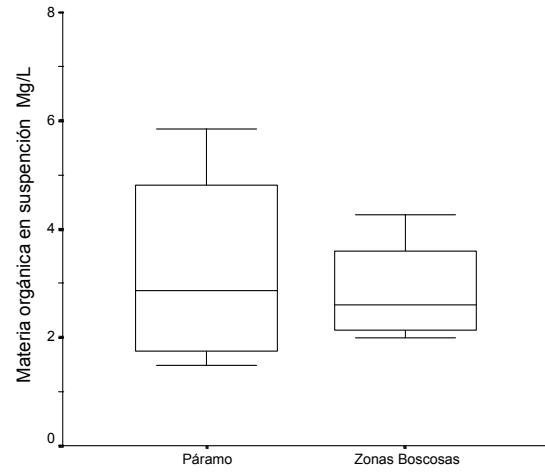
Fueron diez las variables que presentaron diferencia significativa: la altitud, el valor del hábitat, la profundidad, el caudal, la altura del Cauce, la velocidad de la corriente, la temperatura del agua, la conductividad y la dureza. En la figura 6 se puede observar que las variables químicas que presentaron una mayor dispersión de valores fueron: la conductividad, la dureza, la alcalinidad y el pH, mientras que la MOS y la MOD presentan una dispersión de valores muy baja. Entre las variables hidrológicas, las que presentaron una variación considerable fueron : la altitud, la profundidad del cauce, la profundidad y la altura del cauce. En cuanto al resto de variables ambientales las que caracterizan la propiedad del hábitat (Velocidad de la corriente, Temperatura del agua, Valor del Hábitat, Caudal, y la Cobertura) presentaron una dispersión considerable de valores (> 50%).

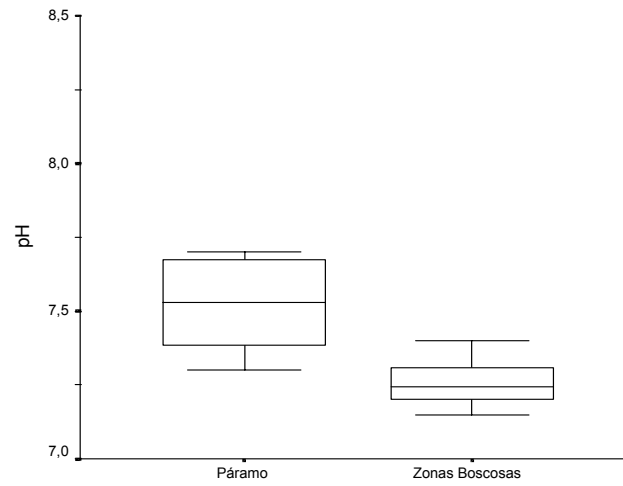
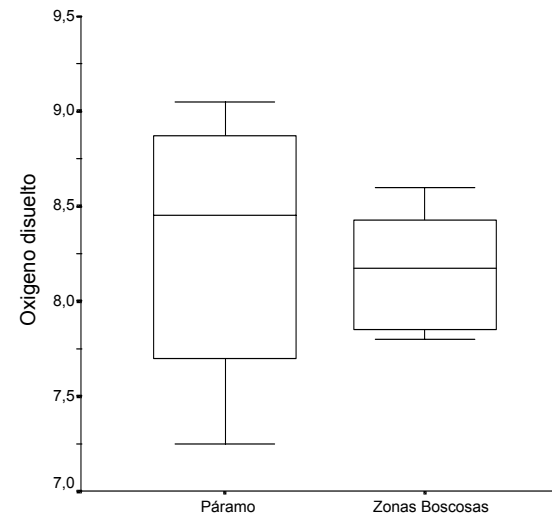
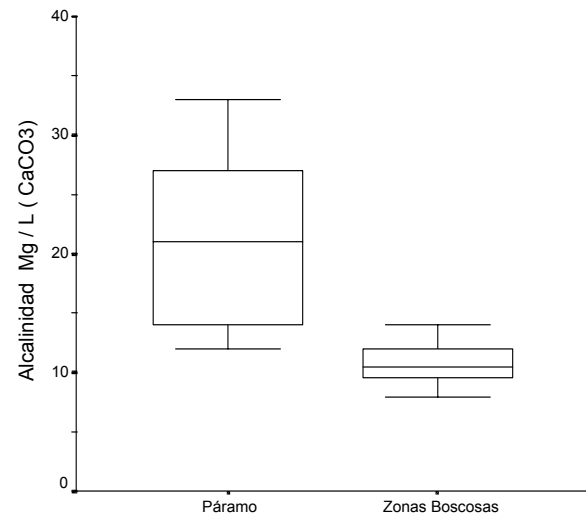
Tabla 3. Valores promedios y desviación estándar de las variables ambientales medidas en las zonas boscosas y de páramo.

| Variables | Valor medio de las variables en las dos unidades ecológicas | | P* |
|------------------|---|--------------|----|
| | Páramo | Zona Boscosa | |
| Altitud | 3113 | 2009 | * |
| Hábitat | 60 | 76 | * |
| MOS | 3,51 | 2,86 | Ns |
| MOD | 0,5833 | 0,7718 | Ns |
| Cobertura | 25,00 | 63,86 | Ns |
| Llenado | 53,81 | 66,38 | Ns |
| Profundidad | 0,20 | 0,26 | * |
| Caudal | 0,27 | 1,05 | * |
| Altura del Cauce | 0,97 | 0,79 | * |
| Pendiente | 10,5 | 9,25 | Ns |
| Velocidad | 0,4657 | 0,7877 | * |
| T. del agua | 13,1 | 15 | * |
| Conductividad | 84 | 45 | * |
| Oxígeno | 8,21 | 8,16 | Ns |
| PH | 7,46 | 7,26 | * |
| Dureza | 28,90 | 18,01 | * |
| Alcalinidad | 22,30 | 10,73 | * |

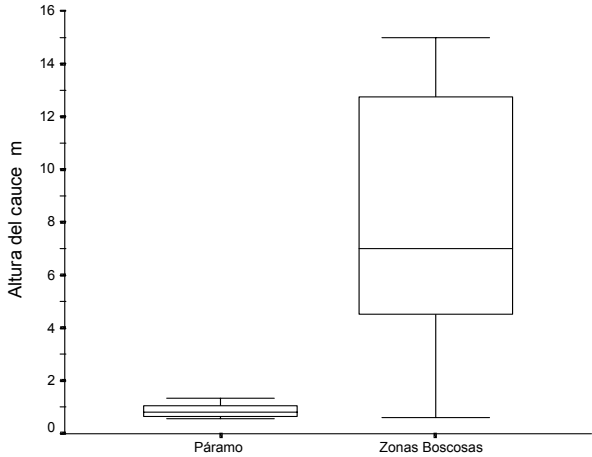
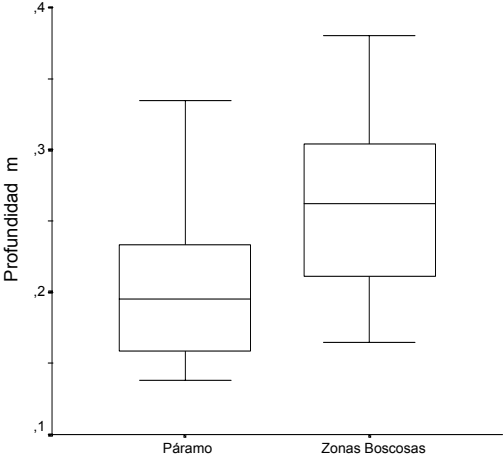
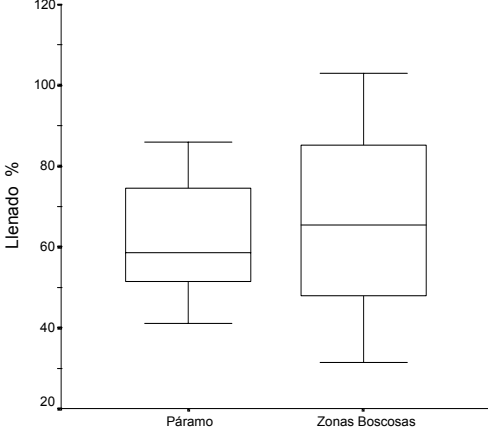
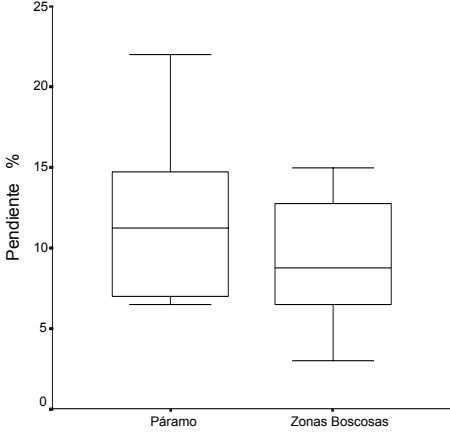
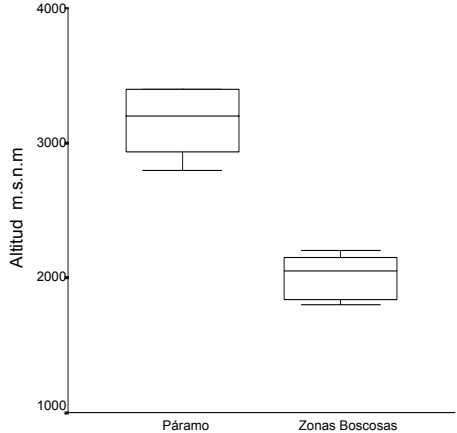
- P = probabilidad de encontrar diferencias significativas entre los promedios de las variables de acuerdo a la prueba de rangos de Mann-Whitney

VARIABLES QUÍMICAS

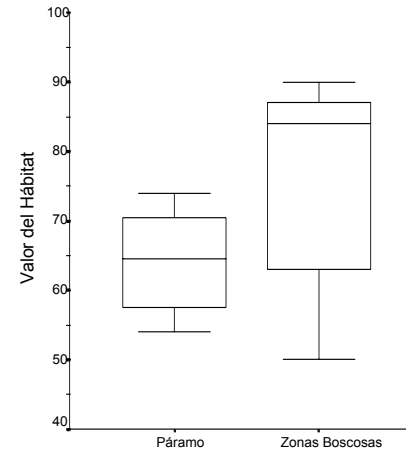
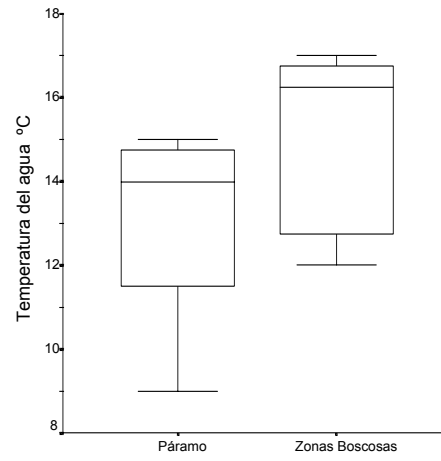
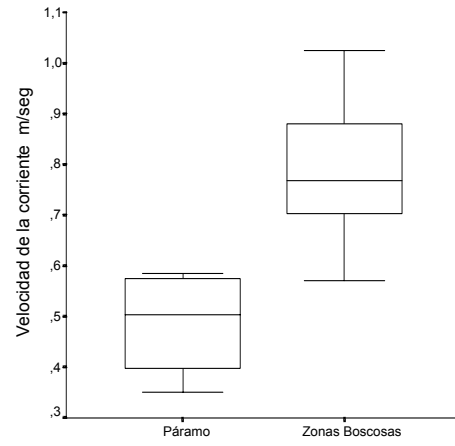




CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE



PROPIEDADES HIDROLÓGICAS



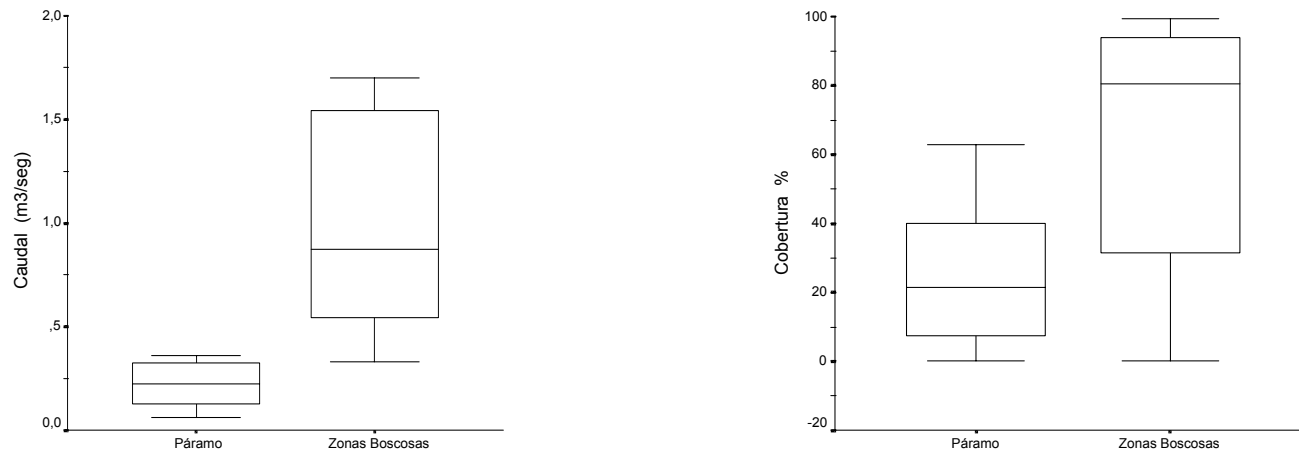


Figura 6. Variables físico – químicas y ambientales (Características y Propiedades Hidrológicas del cauce) registradas en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama

COMPOSICIÓN DE LA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS

En los dieciocho ríos estudiados se encontraron 46 taxa de macroinvertebrados bentónicos, agrupados en los cuatro Phyla siguientes: Platyhelminthes, Mollusca, Annelida y Arthropoda. Dentro de los cuatro Phyla se identificaron siete clases, trece ordenes y cuarenta y seis familias. Los oligoquetos e hirudíneos se identificaron hasta el nivel de clase. La identificación de las clases Turbellaria, Arácnida y Crustacea se hizo sólo hasta orden. Las clases Gastropoda e Insecta se identificaron hasta familia. Esta última presentó la mayor abundancia, estando representada por 8 órdenes y 39 familias. (Tabla 4).

La contribución de los estados inmaduros de los órdenes Díptera (24%) y Ephemeroptera (59%) a la abundancia total de macroinvertebrados bentónicos fue mayor al 80% (Figura 7). En cuanto a la frecuencia de aparición, las familias Chironomidae, Tipulidae, Simuliidae, Psychodidae y Empididae del orden Díptera, y las familias Baetidae (Ephemeroptera) y Elmidae (Coleoptera) estuvieron presentes en más del 80% de los ríos. En términos generales los Díptera predominaron en los ríos de Páramo mientras que los Ephemeroptera dominaron en los ríos de bosque (Figura 8). Varias familias de Coleoptera mantuvieron una presencia constante, aunque baja, en los ríos de Páramo y de Zonas boscosas. Los Trichoptera concentraron su presencia en los ríos de bosques con excepción de las familias

Tabla 4. Abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama

| Clase | RIOS | Chama 1 | Maitica | Bjinoz | Royal | Toma 1 | Buitres | Bancos | toma 2 | Chama 3 | Sai Sai | Esifti | Cardenillo | Granate | sucia | Oro | picon | Mucuy | Leona | |
|-------------|-----------------|-------------------|-----------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ORDEN | FAMILIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Insecta | | Baetidae | 0,96 | | 0,11 | 0,24 | 0,30 | 0,11 | 2,42 | | 0,06 | 5,01 | 56,52 | 33,45 | 30,39 | 29,55 | 65,71 | 15,22 | 91,76 | 64,59 |
| | Ephemeroptera | Leptohyphidae | | | | | | | | | | | 0,56 | 2,17 | 0,05 | 4,16 | 2,19 | 13,35 | 0,62 | 1,56 |
| | | Leptophlebiidae | | | | | | | | | | | | 0,14 | 0,05 | | 0,96 | 4,92 | 0,15 | 4,47 |
| | | Oligoneuridae | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | | | | |
| | Diptera | Athericidae | | | | | | | | | | | | | | | 4,53 | 2,34 | 0,02 | |
| | | Blephariceridae | | | | | 0,09 | 0,27 | | | | | | 0,43 | | 0,11 | | 0,23 | 1,04 | 8,95 |
| | | Chironomidae | 57,71 | 86,15 | 83,66 | 57,91 | 80,57 | 44,38 | 32,46 | 82,85 | 84,01 | 77,43 | 24,94 | 16,44 | 10,63 | 1,12 | 0,96 | 1,87 | 2,28 | 0,97 |
| | | Dixidae | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | 0,14 | | | |
| | | Dolichopodidae | | | | | | | | | | | | 0,07 | 0,16 | 0,11 | | | | |
| | | Empididae | 0,90 | 0,26 | 1,80 | 4,12 | 7,49 | 5,23 | 2,72 | 2,23 | 0,18 | 5,70 | | 1,81 | 0,81 | | 0,41 | | 0,45 | 0,39 |
| | | Muscidae | | 0,05 | | | 0,44 | | | 0,92 | 0,06 | 1,16 | | 0,14 | 0,11 | | | | 0,05 | 0,39 |
| | | Psychodidae | 2,82 | 0,36 | | 0,06 | 2,74 | 1,53 | 1,81 | 2,09 | 0,30 | 1,05 | 0,11 | 0,43 | 0,60 | 0,22 | 0,55 | | | 0,39 |
| | | Sarcophagidae | | | | 2,70 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Simuliidae | 25,41 | 0,10 | | | 3,18 | 22,41 | 27,02 | | | 2,64 | 5,67 | 5,87 | 35,87 | 10,67 | 6,45 | 0,70 | 1,41 | 0,39 |
| | | Tabanidae | | | | | 0,04 | 0,11 | 0,71 | | | | | | | 0,11 | 0,27 | | 0,05 | |
| | | Tipulidae | 0,41 | 0,21 | | | | 2,40 | 1,11 | 6,15 | 0,36 | 0,90 | 1,24 | 2,17 | 0,27 | 0,22 | 0,96 | 3,28 | 0,12 | 0,78 |
| | | Ceratopogonidae | | | | | 0,04 | | | | 0,39 | 0,18 | | 0,17 | 0,72 | 0,33 | | 0,41 | 0,23 | 0,02 |
| | | Coleoptera | Carabidae | | 0,05 | | 0,06 | | | | 0,13 | | | | | | | 0,14 | | |
| | Curculionidae | | | | | 0,03 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Elmidae | | 3,44 | 0,16 | 3,06 | 0,59 | 4,62 | 6,38 | 13,61 | 0,39 | | 0,16 | 0,34 | 8,98 | 2,71 | 10,00 | 2,06 | 5,15 | 0,12 | 7,00 |
| | Psephenidae | | | | | | | | | | | | | 4,92 | | 0,22 | | 1,17 | | 0,19 |
| | Ptilodactylidae | | | | | | | | | | | | 0,39 | 0,65 | | | 0,14 | | 0,02 | |
| | Scirtidae | | | | | | 0,35 | | 0,20 | | | | | 0,94 | | | 0,41 | 0,94 | | |
| | Trichoptera | Staphilinidae | 0,07 | | | 0,47 | | 0,05 | | 1,31 | | 0,05 | | | | | | | | |
| | | Calamoceratidae | | | | | | | | | | | | 0,65 | | 0,45 | 0,41 | 0,94 | | |
| | | Glossosomatidae | | | | | | | | | | | | | 0,22 | 0,11 | | 1,64 | 0,27 | |
| | | Hydrobiosidae | 3,24 | | | | | 2,62 | 4,54 | | 5,59 | | 1,01 | | 0,56 | 0,27 | 0,47 | 0,97 | 3,70 | |
| | | Hydropsychidae | | | | | | | | | | 0,32 | 1,52 | 1,09 | 10,69 | 12,47 | 1,51 | 25,06 | 0,10 | |
| | | Hydroptilidae | 1,79 | | | | | 3,93 | 2,52 | | | | 0,79 | 3,33 | 1,09 | 1,80 | 0,14 | 0,23 | 0,02 | |
| | | Leptoceridae | | | | | | | | | | | 0,06 | | 2,93 | 22,36 | 0,82 | 4,22 | | 1,17 |
| | | Odontoceridae | | | | | | | | | | | | 0,14 | | | 0,14 | 0,23 | | |
| | Lepidoptera | Polycentropodidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,19 |
| | | Noctuidae | | | | | | | | 0,26 | | | | | | | | | | |
| Pyralidae | | | | | | | | | | | | | 0,14 | 0,54 | | | | | 0,58 | |
| Plecoptera | Tortricidae | | | | | | | | | | | | | | | | 0,23 | | | |
| | Perlidae | | | | | | | | | | | | 2,17 | 0,54 | 2,02 | 10,15 | 16,86 | 0,02 | 1,56 | |
| Odonata | Calopterygidae | | | | | | | | | | | 0,06 | | 0,05 | 0,11 | | | 0,02 | | |
| | Gomphidae | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | | | | | |
| Megaloptera | Corydalidae | | | | | | | | | | | | 1,68 | 1,35 | 0,14 | | 0,20 | 1,56 | | |
| Crustacea | Isopoda | | 7,42 | | | | | | | | | 0,17 | | | 0,34 | | | | 0,19 | |
| | Amphipoda | 0,07 | | 7,54 | | | | 1,92 | | | | 1,24 | 3,62 | 0,27 | 0,22 | | | | | |
| Arachnida | Hydracarina | 0,62 | | | | | | | 0,26 | | | | | | | | | | | |
| Oligochaeta | | 0,41 | | 3,28 | 31,95 | | 11,61 | | | 3,10 | | 5,67 | 3,11 | | 0,67 | 0,14 | 0,47 | 0,25 | 0,97 | |
| | Pulmonata | | 5,24 | 0,22 | 1,87 | 0,04 | 0,05 | 8,47 | 3,01 | 11,75 | | 0,17 | 0,22 | | | 0,23 | | | | |
| Turbellaria | Turbellaria | 2,13 | | 0,31 | | 0,09 | 0,05 | 0,50 | | | | 0,39 | 5,14 | | 0,67 | | | | | |
| | Diversidad | 2,58 | 2,11 | 2,05 | 2,54 | 2,11 | 3,89 | 4,79 | 2,3 | 1,39 | 1,66 | 2,6 | 6,31 | 4,07 | 5,64 | 2,2 | 7,05 | 1,12 | 2,32 | |
| | N1 | 4,02 | 2,81 | 3,28 | 3,55 | 3,68 | 5,84 | 6,64 | 3,58 | 1,78 | 2,74 | 3,87 | 10,9 | 5,74 | 7,94 | 4,18 | 9,86 | 1,66 | 4,63 | |

Hydrobiosidae e Hydroptilidae que aparecieron también en los ríos con mayor altitud (Tabla 4).

Los Plecoptera y Megaloptera estuvieron restringidos a los ríos de bosques. En términos más específicos, las dos familias más importantes de acuerdo a su abundancia fueron las larvas de Chironomidae (Díptera) y las ninfas de Baetidae (Ephemeroptera), Ambos grupos estuvieron presentes en la mayoría de los sitios, sin embargo la distribución de su abundancia muestra patrones diferentes (figura 7 y 8). La familia Chironomidae fué muy abundante en los sitios pertenecientes a la formación vegetal denominada Páramo, mientras que la familia Baetidae (Ephemeroptera), al contrario de los dípteros, fue muy abundante en los ríos localizados dentro de la unidad ecológica de Zonas Boscosas y escasos en los ríos del Páramo. En relación a la riqueza taxonómica, en los ríos de páramo el número de grupos varió entre 9 y 19 taxa, mientras que en los ríos de las zonas boscosas la riqueza fue mayor con un número que fluctuó entre 18 y 31 taxa (Tabla 4). Igualmente la diversidad promedio de taxa en los ríos de zonas boscosas ($N_1 = 6.09$) fue significativamente superior a la de los ríos de las zonas de páramos ($N_1 = 3.79$) ($U_{\text{Mann-Whitney}} = 19$; $p = 0.0362$) (Tabla 4 y Figura 8).

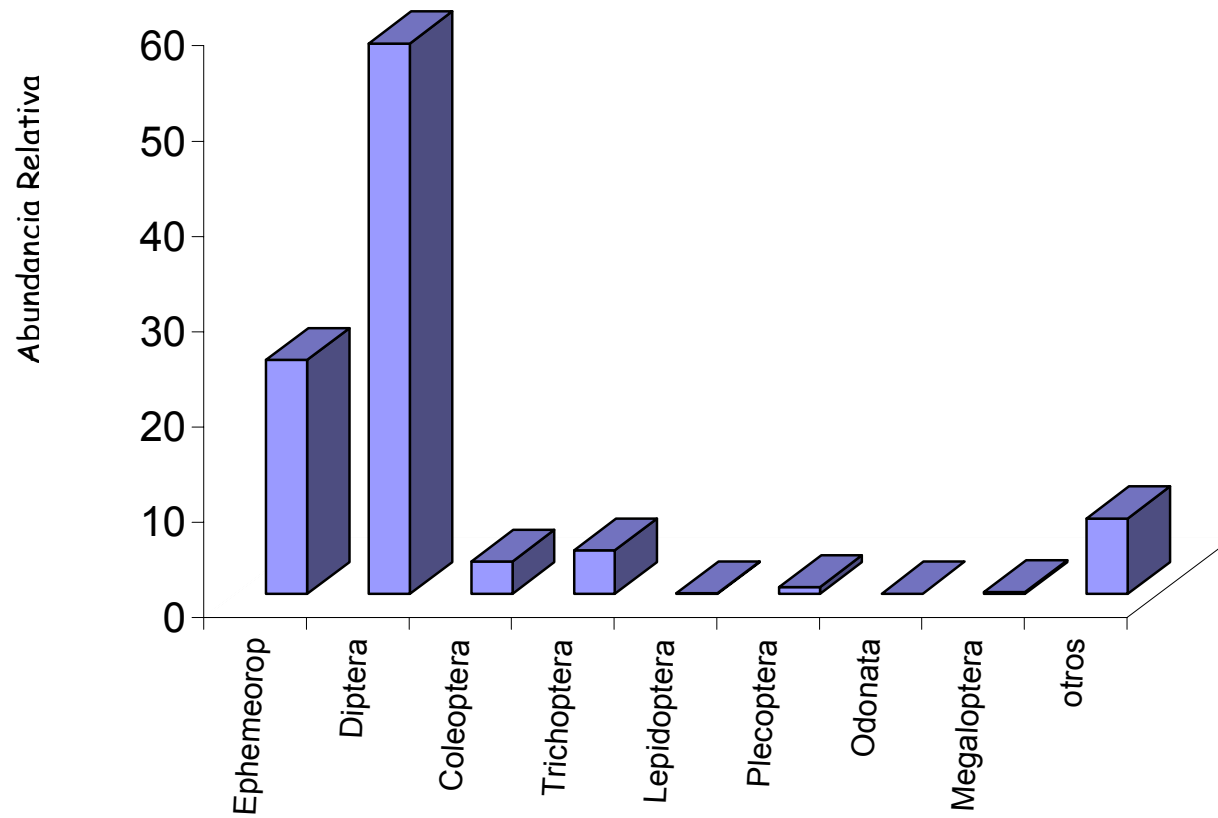


Figura 7. Abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama.

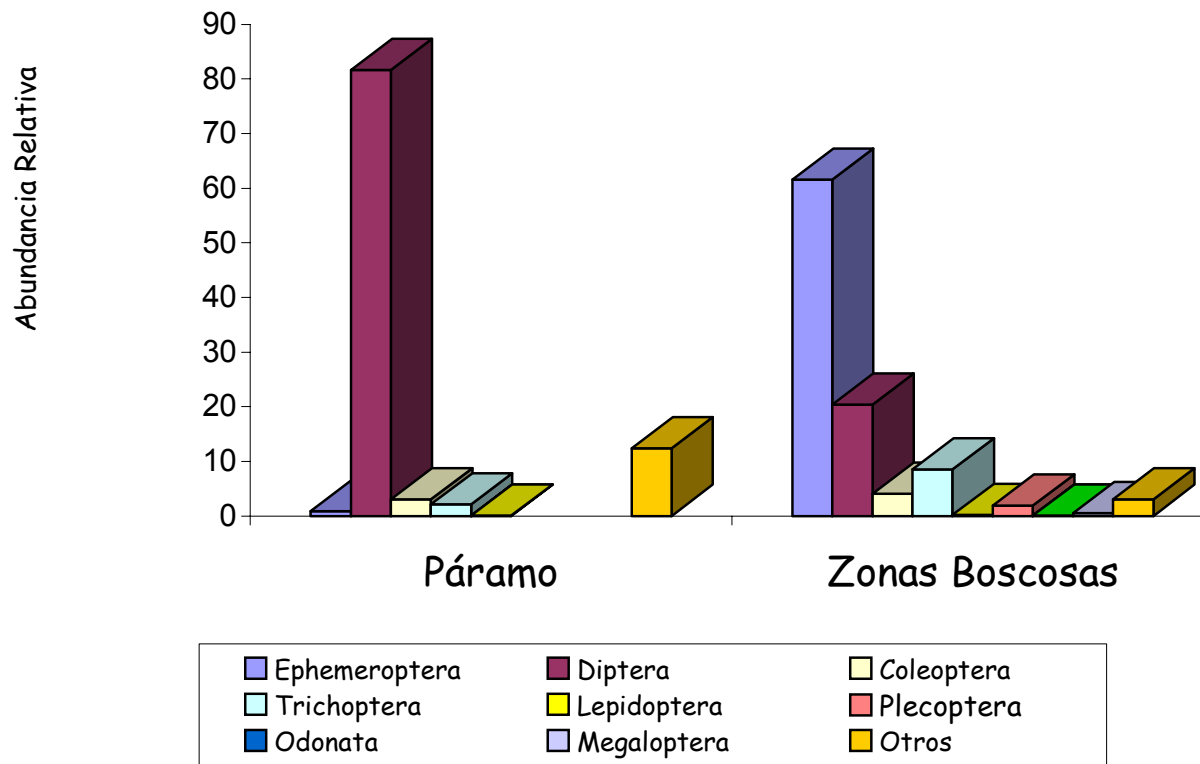


Figura 8. Abundancia relativa de macroinvertebrados bentónicos en dieciocho ríos de dos unidades Ecológicas diferentes. Páramo y Zonas Boscosas, en la cuenca alta del río Chama.

CARACTERIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN FUNCION A LA COMPOSICION DE LA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS

De acuerdo a la hipótesis inicialmente planteada se espera que aquellos sitios con condiciones ambientales similares muestren comunidades con una composición muy parecida. Una manera de comprobar la premisa anterior sería la de agrupar los ríos usando como criterio la semejanza que presenten en la composición de taxa y luego verificar si dicha clasificación esta asociada a un gradiente de condiciones ambientales. El Two-Way Indicator Species Analysis, o TWINSPAN, es una técnica desarrollada por Hill (1979) con el propósito específico de clasificar sitios o muestras en función de las especies que los caracterizan (especies indicadoras). El proceso de la clasificación es jerárquico; las muestras se dividen sucesivamente en categorías, y seguidamente a cada clasificación de las muestra, se categorizan las especies, obteniéndose finalmente una tabla de dos vías que muestra un ordenamiento tanto de sitios como de especies. El resultado de la aplicación del TWINSPAN a nuestros datos se muestran en la figura 9.

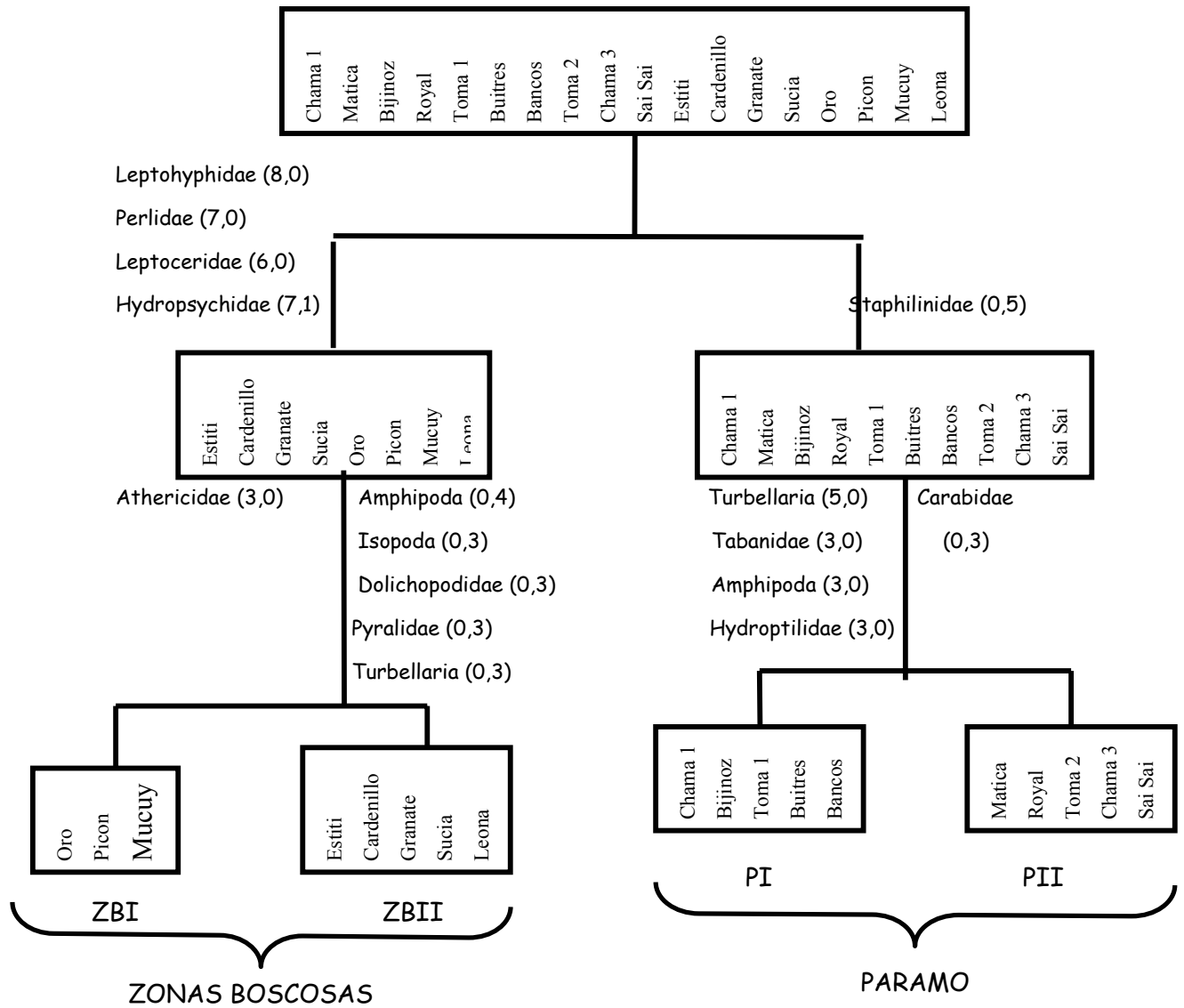


Figura 9. Agrupamiento de los sitios evaluados en función de la abundancia de los taxa presentes mediante TWINSpan. Los números entre paréntesis representan la cantidad de sitios donde se encontraron los taxa indicadores o determinantes para la separación de los dos grupos resultantes.

El resultado del método de agrupamiento de los sitios en función de la composición de los grupos taxonómicos (TWINSpan) está de acuerdo con lo esperado. En el primer nivel de clasificación quedaron separados los ríos de las zonas boscosas y los de páramo, resultado que confirma los obtenidos con el ACP usando las variables ambientales. El grupo de los ríos de las Zonas Boscosas está formado por ocho ríos (Estiti, Cardenillo, Granate, Sucia, Oro, Picon, Mucuy y Leona) y el grupo de los ríos de Páramo está formado por diez ríos (Chama 1, Matica, Bijinoz, Royal, Toma 1, Buitres, Bancos, Toma 2, Chama 3 y SaiSai).. Las familias determinantes para esta separación fueron Leptoheptidae (Ephemeroptera), Perlidae (Plecoptera), Leptoceridae (Trichoptera), Hydropsychidae (Trichoptera) todas pertenecientes a la clase insecta, y se encuentran con mayor frecuencia en los sitios del primer grupo. Un segundo nivel de clasificación muestra la formación de cuatro subgrupos. Un primer subgrupo (ZBI) formado por tres sitios: El Oro, La Picon y La Mucuy; y el segundo subgrupo (ZBII) formado por los ríos: La Estiti, El Cardenillo, El Granate, La Sucia, y La Leona. Los taxa determinantes de ésta separación fueron las familias: Amphipoda (Crustacea), Isopoda (Crustacea), Dolichopodidae (Diptera), Pyralidae (Lepidoptera), Turbellaria (Tricladida). Los ríos de páramo también se separan en dos subgrupos. Un primer subgrupo (PI) formado por cinco ríos: Chama 1, La Bijinoz, Toma 1, Los Buitres, Los Bancos, siendo la clase Turbellaria (tricladida), los dípteros de la familia Tabanidae, los crustáceos de

la clase Amphipoda y la familia Hidroptilidae del orden Trichoptera los taxa determinantes de la separación de este subgrupo. El segundo subgrupo (PII) que se forma dentro de los ríos de páramo está formado por los siguientes ríos: La Matica, El Royal, La Toma 2, Chama 3, y el Sai Sai. En este caso la familia Carabidae (Coleoptera) es el taxón determinante para la formación de este subgrupo.

Dado que la clasificación de los sitios usando las variables ambientales (ACP) y los organismos (Twinspan), sugiere la existencia de una relación entre variables y la fauna, se recurrió a un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC). Esta técnica, permite examinar en forma conjunta la relación entre organismos y las condiciones ambientales y detectar si los patrones de variación de la composición de las comunidades puede ser explicada por las variables ambientales.

Los resultados del ACC se muestran en la figura 10. Lo primero que se observa es la separación de los ríos en los grupos y subgrupos que ya había sido detectada por el ACP y el Twinspan. En segundo término se observa que un grupo numeroso de variables están muy relacionadas con el primer eje de ordenamiento. Algunas variables relacionadas con el contenido iónico del agua como son la alcalinidad, la dureza y la conductividad aumentan hacia los ríos con mayor altitud, es decir los ríos de páramo. Por el contrario los ríos de menor altitud, es decir los de las zonas boscosas, presentan mayores valores para algunas variables hidrológicas como el

caudal y la velocidad, y para algunas relacionadas con la condición del entorno, como son la cobertura y la calidad del hábitat. Se podría decir entonces, que el ordenamiento de los ríos obedece a un gradiente altitudinal de condiciones químicas, hidrológicas y del entorno. El segundo eje de ordenamiento esta definido por un gradiente en el contenido de materia orgánica, condición que parece determinante en la separación de cada uno de los dos grandes grupos de ríos en dos subgrupos más pequeños. Para los ríos de páramo, esta separación en subgrupos es clara. Los seis ríos ubicados en el cuadrante inferior derecho presentan mayores valores de materia orgánica en suspensión (MOS), bajo contenido de oxígeno y pH bajo, mientras que el otro subgrupo, ubicado en el cuadrante superior derecho presentan mayores valores de pH y oxígeno y menor contenido de materia orgánica. En los ríos de zonas boscosas, ubicado en los dos cuadrantes del lado izquierdo, esta distinción es menos clara y hay un alto grado de solapamiento entre los dos subgrupos.

En relación a la composición faunística, se encontró que las mismas familias que agrupan a los ríos en el TWINSPAN se hacen presentes en el análisis de correspondencia canónica para ordenar a los dos subgrupos de cada unidad ecológica. En la figura 11 se muestran las familias que permiten la primera y segunda separación en el TWINSPAN y que a su vez se hacen presentes en el CCA. En rojo oscuro se muestran los taxa que son característicos para la separación de los ríos en los dos grandes grupos. En

rojo claro y azul se muestran los taxa que permiten separar a los ríos de las dos unidades ecológicas en dos subgrupos.

Los 45 taxa de macroinvertebrados bentónicos encontrados en los dieciocho ríos estudiados en la cuenca alta del río Chama, se agruparon dentro de cinco grupos funcionales: raspadores, desmenuzadores, colectores filtradores, colectores recolectores y depredadores (tabla 5). Se puede observar en la figura 12 y 13 que los colectores-recolectores conforman el grupo más importante en los ríos de toda la cuenca. Le siguen en importancia los colectores-filtradores, siendo muy abundantes en los ríos con mayores contenidos de materia orgánica en suspensión. La presencia y abundancia de los depredadores es consistente en toda la cuenca. Los raspadores incrementan su importancia en los ríos de páramo. Los desmenuzadores son los menos importantes en cuanto a abundancia y presencia en todos los ríos.

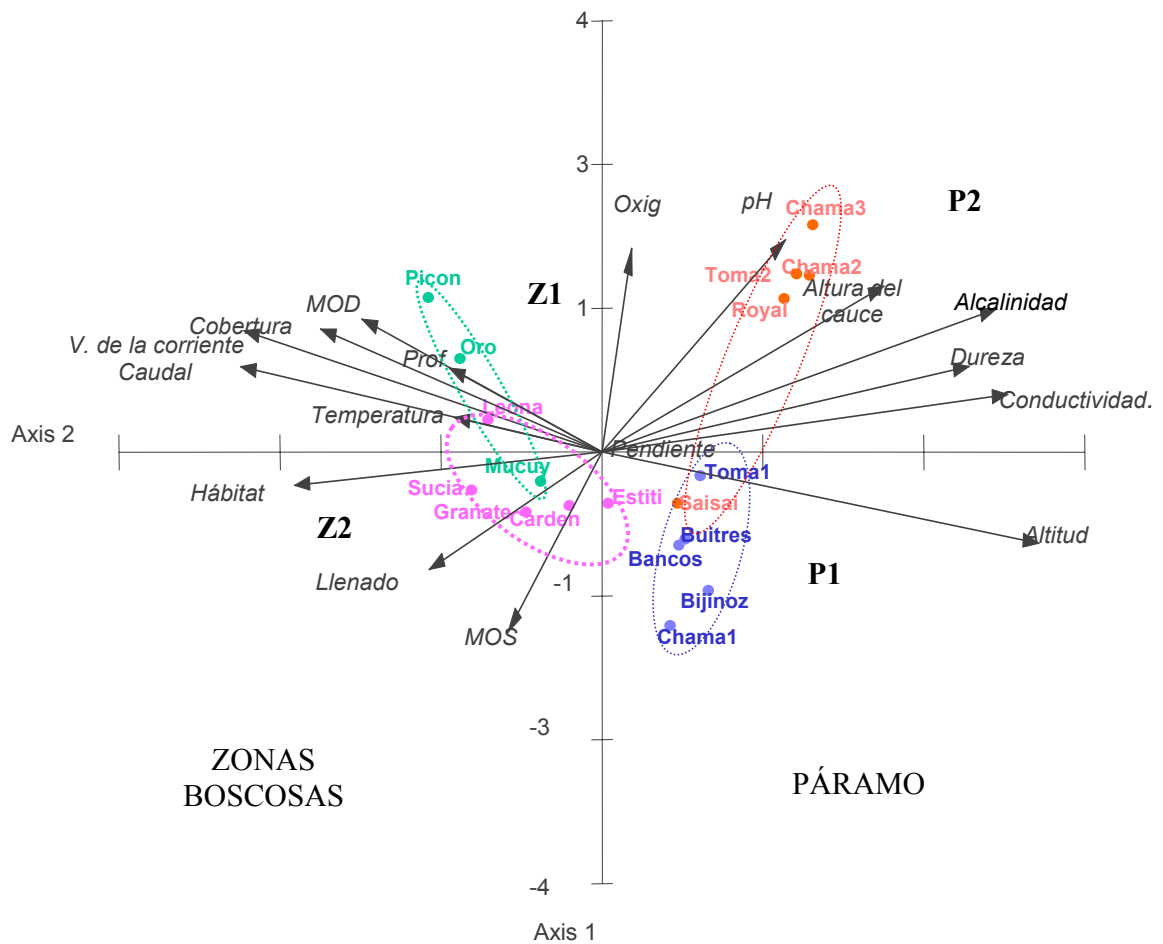


Figura 10. Ordenamiento de los ríos mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA), de los grupos generados por el TWINSPLAN para los 18 sitios estudiados en la cuenca alta del río Chama.

Utilizando las variables ambientales

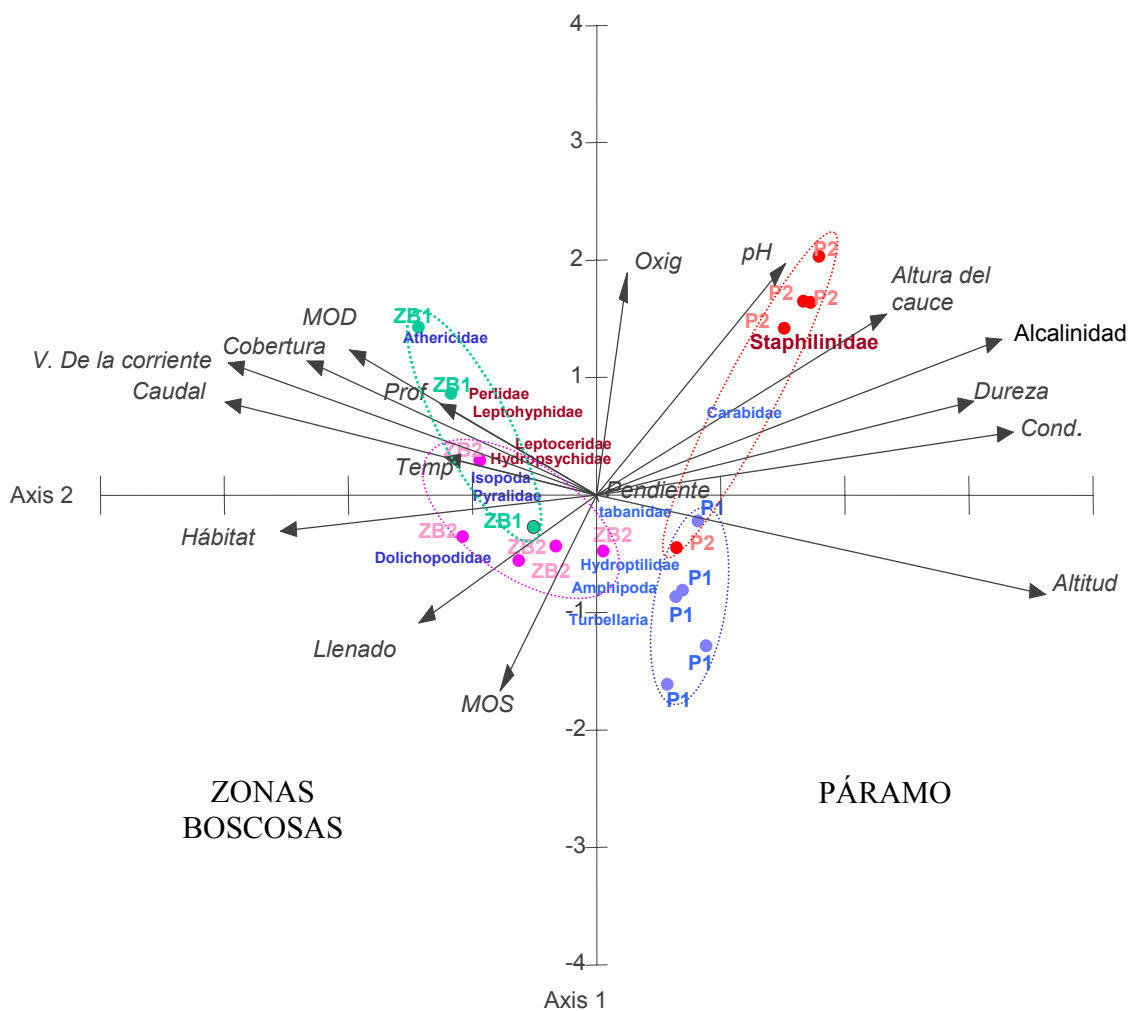


Figura 11. Ordenamiento de los ríos mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA), de los grupos generados por el TWINSPLAN para los 18 sitios estudiados en la cuenca alta del río Chama. Utilizando las familias de macroinvertebrados bentónicos

Tabla 5. Abundancia relativa de los Grupos Funcionales para dieciocho ríos de la cuenca alta del río Chama

| Grupo funcional | Clase o Orden | Familia | Chama 1 | Matica | Bijinoz | Royal | Toma 1 | Buitres | Bancos | Toma 2 | Chama 3 | Saisai | Estiti | cardenil lo | Granate | Sucia | Oro | Picon | Mucuy | Leona | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|------------|--------|---------|-------|--------|---------|--------|--------|------------|--------|--------|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Raspadores | Diptera | Psychodidae | 2,92 | 0,39 | | 0,09 | 2,75 | 1,73 | 1,82 | 2,10 | 0,31 | 1,05 | 0,12 | 0,47 | 0,60 | 0,23 | 0,55 | | 0,27 | 0,39 | |
| | | Blepharicedidae | | | | | 0,09 | 0,31 | | | | | | | 0,47 | | 0,11 | | 0,24 | 1,04 | 9,06 |
| | Trichoptera | Helicopsichidae | | | 0,12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Glossosomatidae | | | | | | | | | | | | | | 0,22 | 0,11 | | 1,65 | 0,27 | |
| | Coleoptera | Psephenidae | | | | | | | | | | | | | 5,37 | | 0,23 | | 1,18 | | 0,20 |
| | Scirtidae | | | | | 0,35 | | 0,20 | | | | | | 1,03 | | | 0,41 | 0,94 | | | |
| Pulmonata | | | | 5,66 | 0,24 | 2,86 | 0,04 | 0,06 | 8,51 | 3,02 | 12,13 | | 0,18 | 0,24 | | | | | | 0,24 | |
| Desmenuzador. | Trichoptera | Hydroptilidae | 1,85 | | | | | 4,45 | 2,53 | | | | 0,84 | 3,63 | 1,09 | 2,03 | 0,14 | 0,24 | 0,02 | | |
| | | Odontoceridae | | | | | | | | | | | | 0,16 | | | | 0,14 | 0,24 | | |
| | | Calamoceratidae | | | | | | | | | | | | 0,71 | | 0,46 | 0,41 | 0,94 | | | |
| | Lepidoptera | Noctuidae | | | | | | | | 0,26 | | | | | | | | | | | |
| | | Tortricidae | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,24 | | |
| | | Pyralidae | | | | | | | | | | | | 0,16 | 0,54 | | | | | | 0,59 |
| | Coleoptera | Ptilodactylidae | | | | | | | | | | | | 0,42 | 0,71 | | | | | 0,02 | |
| | | Curculionidae | | | | 0,05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Crustacea | Isopoda | | | | | | | | | | | | 0,18 | | | 0,34 | | | | | |
| Colectores Recolectores_ | | Amphypoda | 0,07 | | 3,73 | | | | 1,93 | | | | 1,32 | 3,95 | 0,27 | 0,23 | | | | | |
| | Diptera | Chironomidae | 59,60 | 93,05 | 90,54 | 88,62 | 80,65 | 50,31 | 32,62 | 83,07 | 86,70 | 77,43 | 26,56 | 17,92 | 10,63 | 1,14 | 0,96 | 1,88 | 2,28 | 0,98 | |
| | Ephemeroptera | Baetidae | 1,00 | | | 0,36 | 0,31 | 0,12 | 2,43 | | 0,06 | 5,01 | 60,17 | 36,46 | 30,39 | 29,95 | 65,80 | 15,29 | 91,74 | 65,35 | |
| | | Leptohyphidae | | | | | | | | | | | 0,60 | 2,37 | 0,05 | 4,21 | 2,20 | 13,41 | 0,62 | 1,57 | |
| | | Leptophlebiidae | | | | | | | | | | | | 0,16 | 0,05 | | 0,96 | 4,94 | 0,15 | 4,53 | |
| | Coleoptera | Elmidae | 3,56 | 0,17 | 3,31 | 0,91 | 4,62 | 7,23 | 13,68 | 0,39 | | 0,16 | 0,36 | 9,79 | 2,71 | 10,14 | 2,06 | 5,18 | 0,12 | 7,09 | |
| Trichoptera | Leptoceridae | | | | | | | | | | | 0,06 | | 2,93 | 22,67 | 0,82 | 4,24 | | 1,18 | | |
| Colectores Filtradores | Diptera | Simuliidae | 26,24 | 0,11 | | | 3,18 | 25,40 | 27,15 | | | 2,64 | 6,04 | 6,39 | 35,87 | 10,82 | 6,46 | 0,71 | 1,41 | 0,39 | |
| | | Ceratopogonidae | | | | | 0,04 | | | 0,39 | 0,18 | | 0,18 | 0,79 | 0,33 | | 0,41 | 0,24 | 0,02 | | |
| | Trichoptera | Hydropsichidae | | | | | | | | | | 0,32 | 1,61 | 1,18 | 10,69 | 12,64 | 1,51 | 25,18 | 0,10 | | |
| | | Polycentropodidae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,20 |
| Ephemeroptera | Oligoneuridae | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | | | | | | |
| Depredadores | Diptera | Tipulidae | 0,43 | 0,22 | | | | 2,72 | 1,11 | 6,17 | 0,37 | 0,90 | 1,32 | 2,37 | 0,27 | 0,23 | 0,96 | 3,29 | 0,12 | 0,79 | |
| | | Empididae | 0,92 | 0,28 | 1,95 | 6,30 | 7,50 | 4,64 | 2,74 | 2,23 | 0,18 | 5,70 | | 1,97 | 0,81 | | 0,41 | | 0,45 | 0,39 | |
| | | Muscidae | | 0,06 | | | 0,44 | | | 0,92 | 0,06 | 1,16 | | | 0,16 | 0,11 | | | | 0,05 | 0,39 |
| | | Tabanidae | | | | | 0,04 | 0,12 | 0,71 | | | | | | | | 0,11 | 0,27 | | 0,05 | |
| | | Athericidae | | | | | | | | | | | | | | | | 4,53 | 2,35 | 0,02 | |
| | | Dixidae | | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | 0,14 | | | |
| | Dolichopodidae | | | | | | | | | | | | | 0,08 | 0,16 | 0,11 | | | | | |
| | Trichoptera | Hidrobiosidae | 3,34 | | | | | 2,84 | 4,56 | | | | 5,59 | | 1,10 | | 0,57 | 0,27 | 0,47 | 0,97 | 3,74 |
| | Coleoptera | Carabidae | | 0,06 | | 0,09 | | | | | 0,13 | | | | | | | 0,14 | | | |
| | | Staphilinidae | 0,07 | | | 0,73 | | 0,06 | | | 1,31 | | 0,05 | | | | | | | | |
| Megaloptera | Corydalidae | | | | | | | | | | | | | 1,68 | 1,37 | 0,14 | | 0,20 | 1,57 | | |
| Plecoptera | Perlidae | | | | | | | | | | | | 2,37 | 0,54 | 2,05 | 10,16 | 16,94 | 0,02 | 1,57 | | |
| Odonata | Calopterygidae | | | | | | | | | | | | 0,06 | | 0,05 | 0,11 | | | 0,02 | | |
| | Gomphidae | | | | | | | | | | | | | | | 0,11 | | | | | |

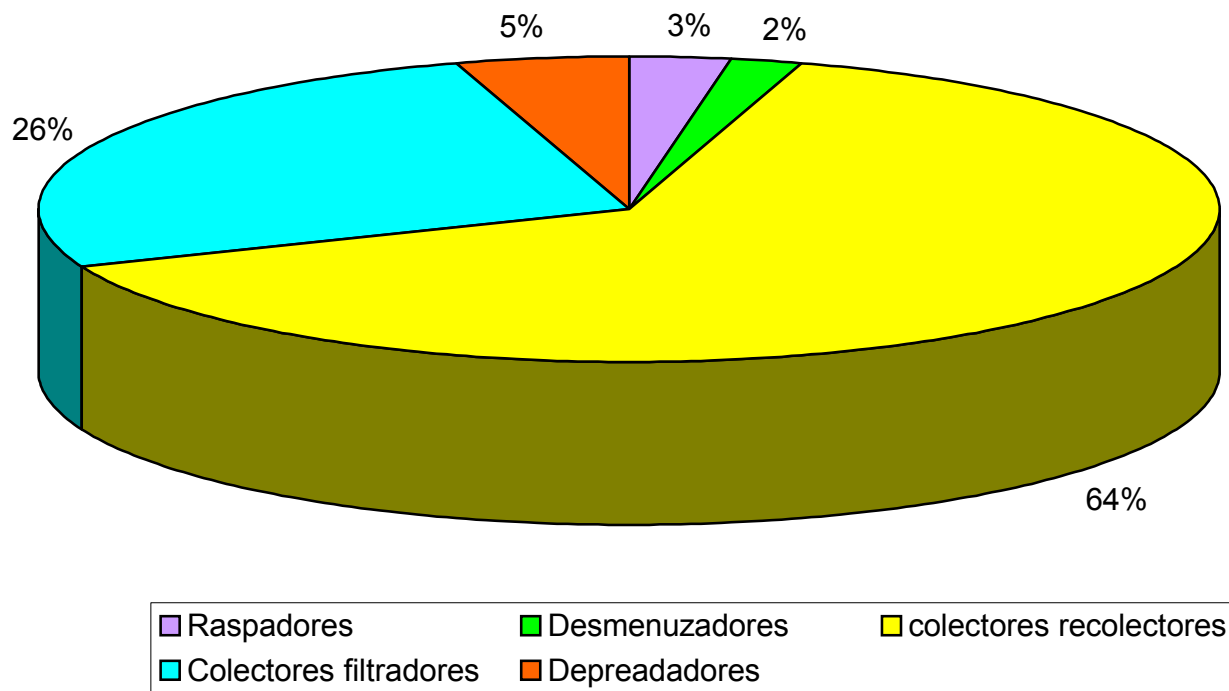


Figura 12. Abundancia relativa de los grupos funcionales encontrados en los ríos muestreados en la cuenca alta del río Chama.

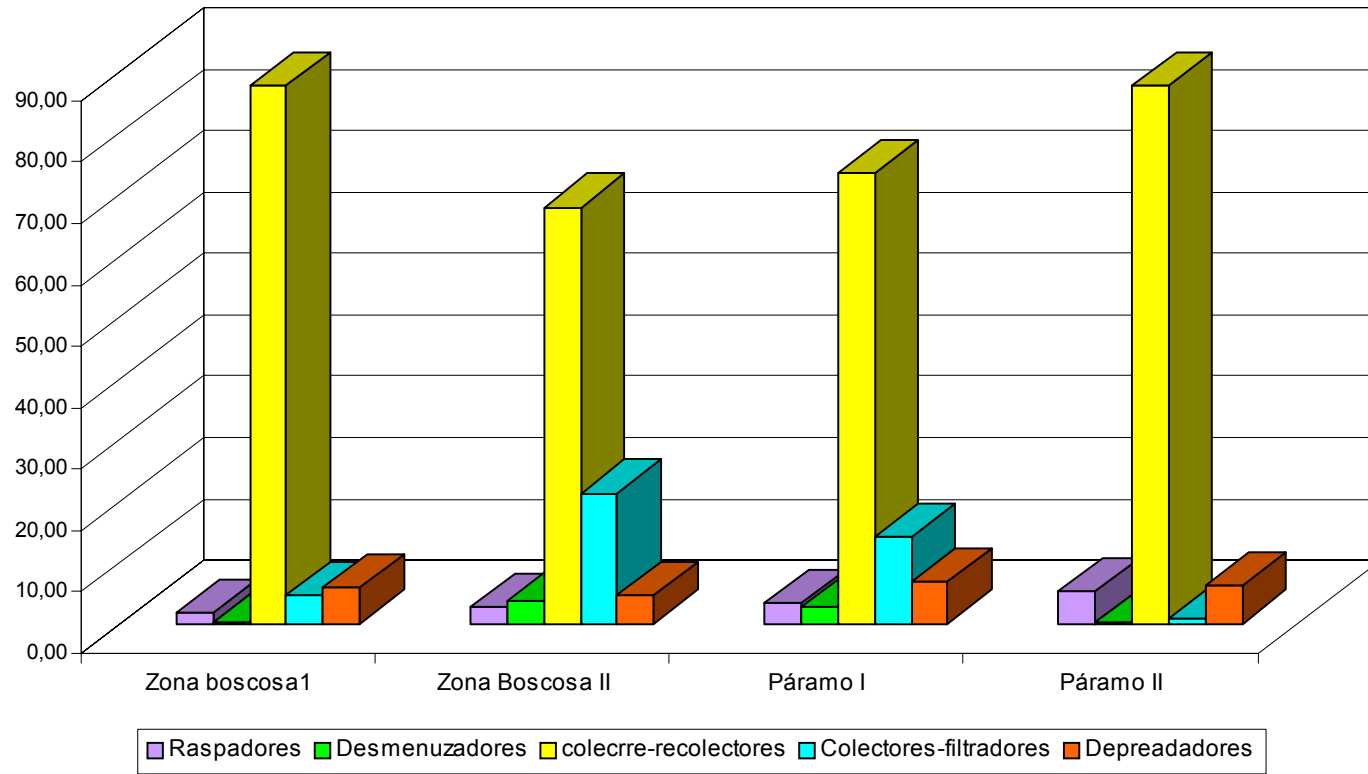


Figura 13. Abundancia relativa de los grupos funcionales encontrados en los ríos de dos formaciones vegetales (Zonas Boscosas y Páramo) en la cuenca alta del río Cham

DISCUSIÓN

Con los resultados de este trabajo se comprobó que el conjunto de ríos estudiados tienen una gran heterogeneidad de condiciones ambientales. Estos pudieron ordenarse a lo largo de un gradiente altitudinal, en cuya formación contribuyeron de manera significativa algunas propiedades químicas del agua así como algunas características hidrológicas. Entre las primeras fueron determinantes la dureza, la alcalinidad, la conductividad y la materia orgánica disuelta; y entre las variables hidrológicas resultaron muy importantes el caudal, la profundidad y la velocidad de la corriente.

Las tres variables químicas mencionadas: conductividad, alcalinidad y dureza están muy relacionadas con el aporte de iones o mineralización del agua. Dichas variables presentaron valores altos en los ríos de la unidad ecológica páramo, lo que indica un alto grado de mineralización del agua. Esto puede ser debido al tipo de sustrato sobre el cual discurren los ríos. Esta zona presenta una geología muy particular de lechos rocosos pertenecientes a la formación Sierra Nevada que se caracteriza por presentar rocas metamórficas principalmente esquistos y gneises, granodiorita del Carmen (Granito) (Florez y Manzanilla, 1999). A esto se añade que esta zona presenta un alto grado de perturbación debido principalmente a la actividad agrícola y urbana. Existe un aporte excesivo de desechos provenientes tanto de las aguas servidas y del uso excesivo de fertilizantes,

pesticidas y herbicidas. Todos estos elementos llegan a los cauces de los ríos aumentando su contenido mineral e incorporando materiales pesados reduciéndose así la calidad del hábitat para los invertebrados bentónicos. En este grupo de ríos observamos una baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos, con predominio de dípteros, oligoquetos y caracoles los cuales se consideran taxa tolerantes a condiciones extremas de hábitat.

Por otra parte en los ríos de las zonas bajas la mineralización del agua fue menos importante. Sin embargo, se hizo más significativo el papel de las variables hidrológicas. Así la velocidad de la corriente, la profundidad y el caudal presentaron valores relativamente altos. Esto es consecuencia de la topografía del terreno por donde atraviesan los ríos. A lo largo de sus cauces son frecuentes las depresiones con pendientes relativamente grandes, que estrechan y profundizan los cauces, con el consiguiente aumento de la velocidad y el caudal de agua. En esta zona es menos importante el aporte de desechos agrícolas debido a que esta actividad es más difícil de realizar debido a la poca accesibilidad de los terrenos y a la protección legal que existe para algunas áreas. También se caracterizaron estos ríos por un mayor contenido de materia orgánica disuelta, lo que sea consecuencia del mayor aporte de materia orgánica alóctona proveniente de la vegetación terrestre.

En relación con la fauna de macroinvertebrados, los ríos de las zonas boscosas presentaron una mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos. Fueron varios los grupos de organismos acuáticos que aparecieron en estos ríos de esta unidad ecológica y no estaban presentes en los ríos de páramo, tales como; las familias Leptohiphidae, Leptophlebiidae y Oligoneuridae entre los Ephemeroptera; las familias Calamoceratidae, Glossosomatidae, Leptoceridae, Odontoceridae y Polycentropodidae entre los Trichoptera; y representantes de los órdenes Lepidoptera, Plecoptera, Odonata y Megaloptera. Estos tres últimos órdenes de insectos acuáticos son poco tolerantes a bajas temperaturas y condiciones extremas de hábitat. Posiblemente la mayor abundancia de los macroinvertebrados bentónicos en los ríos de la unidad ecológica de zonas boscosas en la cuenca alta del río Chama sea debido a una mayor disponibilidad de recursos alimenticios y a los cambios en la geomorfología de la cuenca, que conforman lechos físicamente más heterogéneos, con mejores características marginales del hábitat y morfología del canal.

Los resultados anteriores concuerdan con los presentados Philip *et al* (1995) que encontraron en un trabajo efectuado en Nepal que las características de mayor importancia que afectan la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados son: el tamaño y composición del lecho, las características de las márgenes y la morfología

del canal. Otros investigadores como Quinn y Hickey (1990) encontraron que los plecoptera se distribuyen en ríos con temperaturas entre los 13° y 19° C. En este estudio puede ser que el orden plecoptera este asociado mas a los cambios en la geología de la cuenca que a las variaciones en la temperatura ya que esta variable no presentó diferencias notables en los ríos muestreados en la cuenca, no descartando que su ausencia en los ríos del páramo este afectada por la variación diaria en la temperatura del agua.

Hay que destacar que la diversidad y abundancia encontrada en estos dos grandes grupos de ríos no es comparable debido a las diferencias de condiciones naturales que existen entre ambas zonas, Los ríos de páramo así se encuentren en condiciones prístinas siempre tendrán una diversidad menor que cualquier río de la zona boscosa, en primer lugar porque los ríos de páramo está sometidos a condiciones climáticas mucho más extremas; y en segundo término porque el aporte de material aloctono y la heterogeneidad de los cauces de los ríos en las zonas boscosas es mucho mayor que en los ríos de páramo.

En relación al funcionamiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos aparentemente son pocos los cambios con el gradiente altitudinal. La comunidad esta dominada en un 64% por los colectores recolectores, lo que concuerda con el gran aporte de materia orgánica aloctona que reciben estos ríos, la cual queda atrapada en el lecho del río, convirtiéndose así en la fuente de alimento de mayor disponibilidad lo que afecta positivamente a los

organismos de los grupos funcionales que la usan como alimento. Otro factor que puede limitar la presencia relativa de los grupos funcionales son algunos factores físicos tal como el flujo del río que afecta al recurso alimento.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos demuestran que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta del río Chama presentan una estructura y funcionamiento bien definidos y que están acorde con la hipótesis expuesta.
- Los cuerpos de agua estudiados en la cuenca alta del río Chama se ordenaron en dos grandes grupos, debido a que presentan condiciones medioambientales diferentes y también una estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Estos dos grandes grupos de ríos se encuentran dentro de dos unidades ecológicas diferentes (Páramo y Zonas Boscosas). En los ríos del páramo hay un predominio de dípteros (80%), en los ríos de las zonas boscosas se encontró una mayor diversidad de familias predominando el orden Ephemeroptera (60%).
- Los ríos del páramo se caracterizaron por presentar altos valores en las variables relacionadas con la mineralización del agua que parece ser determinante en la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, mientras que en los ríos de las zonas boscosas las variables que determinan la composición de la comunidad son las Hidrológicas, La MOS y el valor del Hábitat.

- La estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta del río Chama esta dominada por el grupo funcional de los colectores recolectores.
- La abundancia de los grupos funcionales varia en los diferentes subgrupos de ríos de las dos unidades ecológicas, siendo mas abundantes los colectores filtradores en los ríos de la zona boscosa II y los del páramo I los cuales presentaron un mayor contenido de materia orgánica en solución, mientras que los desmenuzadores y depredadores mantienen una presencia constante en todo los ríos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running water. Chapman & Hall. 388 pp.
- Anderson, N. H., and J.R. Sedell. 1979. Detritus processing by macroinvertebrates in streams ecosystem. Ann. Rev. Entomol. 24:351-377.
- Andressen, R y R. Ponte. 1973. Estudio integral de las cuencas Chama y Capazon. Sub – proyecto N° II. Climatología e Hidrología. U.L.A. Mérida, 135pp.
- Bastardo, H., Infante, O. Y Segnini, S. 1994. Hábitos alimenticios de la trucha arcoiris ; *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae), en una quebrada altiandina Venezolana. Rev. Biol. Trop.: 42(3): 685 – 693.
- Cummins, K.W. 1973. Trophic relation of aquatic insects. Ann. Rev. of Stream Ecosystems. BioScience 24 (11): 631-641.
- Cummins, K. W. and Klug, J. Michael. 1979. Feeding ecology of streams invertebrates. Ann. Rev. Ecol. Syst 10:147-172,.
- Cummins, K.W. and M. A. Wilzbach. 1985. Field procedure for analysis of functional feeding groups of stream macroinvertebrates. Apalachian Env. Lab. Contrib. 1611, University of Maryland, Frosburg, M.D.

- Daniel, W. 1973. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3^{ra} ed. Limusa Noriega Editores, México.
- E. P. A. 1996. Rapid Biassessment Protocols for Use in Stream and River. United States Environmental Protection Agency. USA.
- Fariñas, 1996. Análisis de la vegetación y de sus relaciones con el ambiente mediante métodos de ordenamiento. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes tropicales, CIELAT. ULA. Mérida. 256p.
- Florez N. C y Manzanilla G. R. Análisis de la problemática originada por las crecidas del río Chama en la parte alta de la cuenca. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Heiny, J. S. and C. M. Tate. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*. 33: 439 – 454.
- Hill, M. O. 1979. TWISPAN – A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two – way table by classification of the individual and attributes. *Section of Ecology and systematics*. Cornell University Ithaca, New York. 48p.
- Jacobsen, D., Schulz, R., y Encalada , A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: The influence of altitude and latitude. *Freshwater Biology*. 38: 247 – 261.

- Lamberti, G. A. and J. W. Moore. 1984. Aquatic Insects as Primary Consumer. In : Resh, V.H. and D.M. Rosenberg (eds). The Ecology of Acuatic insects. Praeger. New York. 625 pp.
- Lopretto, E.C. Y Tell, G. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. ediciones sur. Argentina
- Marrero. C. 1994. Métodos para cuantificar contenido estomacal en peces. Universidad de los Llanos "Ezequiel Zamora" (UNELLEZ). 37pp.
- Merritt R.W., Cummins K.W and T.M. Burton. 1984. The role of aquatic insect in the processing and cycling of nutrients, 134-163. The ecology of aquatic insects. Praeger publishing, 625 pp.
- Merritt R.W. and Cummins K.W. 1996. Trophic relations of macroinvertebrates
- Merrit R. W. and Cummins K. W. 1996. An introduction to the Acuatic insect of North America.
- Merrit, R. W. y D. L. Lawson. 1979. Leaf lifter processing in floodplain and stream communities, pp. 93 – 105. En: Resh, V. H. Y M. D. Rosenberg (Eds). The Ecology of Aquatic Insect Praeger Publishing. New York. 625pp.
- Minshall, G. W. and J.N. Minshall. 1978. Further evidence on the rol of chemical factors in determining the distribution of benthic invertebrates in the River Duddon. Arch. Hydrobiol. 83: 324-355.

- Molina, M. R. y R. J. Vergara. 1997. Estimación preliminar de la disponibilidad y demandas de agua en la cuenca alta del río Chama. Municipio Rangel. Estado Mérida. Trabajo Especial de Grado. Universidad de los Andes. 134p.
- Monasterios , M. Y S. Reyes. 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes venezolanos. En: Monasterio, M. (De) Estudios ecológicos de los páramos andinos. Ediciones de la universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 312 pp.
- Nelson, D. J. and D. C. Scott. 1962. Role of detritus in the productivity of a rock outcrop community in a piedemont stream. *Limnol. Oceanogr.* 7:396-413.
- Owen t. , L. 1974. Handbook of common methods in limnology. *The C. V: Mosby Company*, London, 154 pp.
- Phillip A. B., Tiffany M. L. Newman and S. J. Ormerod. 1995. Patterns of macroinvertebrates distribution in relation to altitude, habitat and land use in streams of the Nepalese Himalaya. *Arch. Hydrobiol.* 135 (1): 79 – 100.
- Quinn, J. M. And Hickey, W. C. 1990. Characterisation and classification of benthic invertebrates communities in 88 New Zealand rivers in relation to environmental factors. *New Zealand Juornal of Marine and Freswater Research.* 24 : 387 – 409.

- Rincón J. Elí. 1995. Evaluación Preliminar de la Calidad de las Aguas del Río Mucujún (Edo. Mérida) Utilizando los Macroinvertebrados Bénticos. Investigaciones Científicas. UNERMB. 1: 33 – 46.
- Sarmiento, G., Monasterio, M., Azocar, A., Castellano, E., Silva, J., Flores, D. E. Y J. Briceño. 1971. Estudio integral de las cuencas Chama y Capazon. Sub – proyecto N° III. Vegetación Natural. U. L. A. Mérida, 63 pp.
- Segnini, S. 1995. Medición de la Diversidad de Especies (95 – 118) *in* . La Diversidad Neotropical y la Amenaza de las Extinciones. Alonso, M (Ed). Cuaderno de Química Ecológica N° 4, Mérida. 160p.
- Segnini, S. y H. Bastardo, 1995. Cambios Ontogénicos en la Dieta de la trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), en un Rió Andino Neotropical. Biotropica 27 (4): 495 – 508.
- Schwoerbel. J. 1975. Métodos de Hidrobiología, Blume ediciones.
- Suren. M. A. 1994. Macroinvertebrates communities of stream in western Nepal: effects of altitude and land use. Freshwater Biologi. 32: 323 – 336.
- Tate, C. M. and Heiny, J. S. 1995. The ordination of benthic invertebrates communities in The South Platte River Basin in relation to environmental factors. Freshwaters Biology 33: 439 – 454.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, and C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci.37:130-137.

- Vivas, L. 1992. los Andes Venezolanos. Academia de la Historia. Caracas.
250 pp.
- Wallace, J.B. AND J.R. Wedster. 1996. the role of Macroinvertebrates in
Stream Ecosystem Function. *Ann. Rev. Entomol.* 41: 115-139.
- Webster, J. R. and J. B. Waide. 1982. Effects of forest clear cutting on leaf
breakdown in a Southern Appalachian Stream. *Freshw. Biol.* 12: 331-334
- Welch, P. S. 1948. *Limnology Methods*. *Mc Graw Hill. Book Company*, I. N. C.
USA. New York, 381p.

APÉNDICE

IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION MORFOMETRICA, FISICA Y QUIMICA DE LOS RIOS

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------|--|--------------------------|--|-------------------|--|-----------------|--|---------------|
| Nombre del observador: | | Río: | | N°: | | Código: | | | | |
| Sitio: | | Cuenca: | | Fecha: | | Altitud: | | Presión: | | |
| Hora inicio: | | Hora finalización: | | Distancia origen: | | T°C aire: | | | | |
| Latitud: | | | | Longitud: | | | | Foto N°: | | |
| Presencia de Puente: | | Represa: | | Canalización: | | Carretera: | | Casas: | | Otros: |

| | PARÁMETRO | Segmento 1 | | | Segmento 2 | | | Segmento 3 | | | Segmento 4 | | | Segmento 5 | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|------------|-------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----|---------------------------|------------|-----|------------------|--|--|
| CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE Y DEL CAUCE | Ancho (m) | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | | |
| | Profundidad (m) | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | Der | Cen | Izq | | |
| | Cobertura (°) | Der | Izq | Der | Izq | Der | Izq | Der | Izq | Der | Izq | Der | Izq | Der | Izq | | | |
| | Inclinación (°) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Altura máxima del cauce (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Velocidad (m/seg) | m | seg | m | seg | m | seg | m | seg | m | seg | m | seg | m | seg | | | |
| | | % Rápidos%: | % Pozos: | | | | | %Corrientes: | | | | | | | | | | |
| CALIDAD DEL AGUA | Temperatura (°C) : | | | Conductividad: | | | pH: | | | Alcalinidad Fenofaleínica: | | | Alcalinidad Total: | | | Dureza: | | |
| | Oxígeno (ppm): | | | Turbidez: | | | | | | | | | | | | | | |
| COMPONENTES INORGANICOS DEL SUSTRATO (deben sumar 100%) | % Rocas (> 25 cm) : | | | % Piedras (6 a 25 cm): | | | % Grava (0,1 a 6 cm): | | | % Arena: | | | % Lodo: | | | % Arcilla | | |
| COMPONENTES ORGANICOS DEL SUSTRATO (no tienen que sumar 100%) | % Detritus (CPOM): | | | | | | % Otros (FPOM): | | | | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS DE LA SUBCUENCA | Uso predominante del terreno | | | | | | Fuentes difusas de perturbación | | | | | | | | | | | |
| | Bosque: | Comercial: | | Prado: | | Ausentes: | | | Potenciales: | | | | | | | | | |
| | Residencial: | Industrial: | Agrícola: | Otro: | | Presentes: | | | | | | | | | | | | |
| VEGETACIÓN RIBERENA DOMINANTE (Hasta 20 m de la orilla) | Arboles: | | | Arbustos: | | | Grámneas: | | | Hierbas: | | | | | | | | |

CARACTERIZACION DEL HABITAT

| Parámetro | Condición de la categoría | | | |
|--|--|--|--|--|
| | Óptimo | Subóptimo | Marginal | Pobre |
| 1. Diversidad de sustratos disponibles para la epifauna | Mas de 70% del sustrato es estable y puede ser colonizado por la epifauna (El trecho presenta una mezcla de piedras, troncos sumergidos o superficiales o cualquier otro sustrato estable) | Entre 40 y 70% del sustrato es estable. Además, existe un sustrato nuevo aun sin condiciones para ser habitado | Entre 20 y 40% del sustrato es estable. Frecuentemente perturbado o removido | Menos de un 20% del sustrato es estable. Ausencia de habitats adecuados. |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 2. Cubrimiento del sustrato | Entre 0 y 25% de la superficie de rocas, piedras y grava esta rodeada de sedimento fino. | Entre 25 y 50 % de la superficie de rocas, piedras y grava rodeadas de sedimento fino | Entre 50 y 75% de la superficie de rocas, piedras y grava rodeadas de sedimento fino | Más de un 75% de la superficie de rocas, piedras y grava rodeadas de sedimento fino |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 3. Relación profundidad y velocidad | El trecho del río presenta las cuatro combinaciones siguientes: a) lento/profundo, b) lento/ bajo c) rápido/profundo d) rápido/bajo | Sólo tres combinaciones. La ausencia de rápido/bajo determina el menor puntaje | Sólo dos combinaciones. La ausencia de rápido/bajo y lento/bajo determina el menor puntaje | Una sola combinación presente. Usualmente lento/profundo) |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 4. Deposición de sedimentos | Ausencia de islas o bancos de arenas. Menos del 5% del fondo afectado por la deposición de sedimentos | Reciente y escasa formación de bancos de piedras, arena o sedimento fino. Entre el 5 y el 30% del fondo afectado por la deposición de sedimentos; ligera deposición en los pozos | Deposición moderada de grava, arena o sedimento fino sobre bancos viejos y nuevos. Entre 30 y 50% del fondo afectado. Sedimento sobre obstrucciones, constricciones y recodos. Moderada deposición en pozos. | Grandes depósitos de material fino. Muchos bancos. Mas del 50% del fondo cambia con frecuencia. Pozos casi ausentes debido a la gran deposición de sedimentos. |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 5. Estado del cauce de flujo | El nivel del agua alcanza la base de las márgenes y la exposición del sustrato de fondo es mínima. | El agua sólo cubre el 75% del cauce o menos del 25% del sustrato de fondo queda expuesto. | El nivel del agua cubre entre el 25 y 75% del cauce y queda expuesta la mayor parte del sustrato de los rápidos | Muy poca agua sobre el cauce y la mayoría como pozos. |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 6. Alteración del cauce | Ausencia o mínima presencia de canalización o dragado. Corriente con cauce normal. | Cierta canalización presente por puentes. Evidencia de canalización actual o pasada | Canalización extensiva. Diques u otras estructuras presentes en ambas márgenes. Entre el 40 y 80% del trecho del río canalizado y alterado. | Márgenes protegidas con gabiones o cemento. Mas del 80% del trecho del río canalizada y alterado. Los habitats internos eliminados totalmente. |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 7. Frecuencia de rápidos | Ocurrencia de rápidos relativamente frecuente. La relación dis-tancia entre rápidos y el ancho del río es < 7 (generalmente 5 o 7). | Ocurrencia de rápidos poco frecuente. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río se encuentra entre 7 y 15. | Ocurrencia ocasional de rápidos. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río se encuentra entre 15 y 25. | Por lo general el agua corre sin interrupción o rápidos muy bajos. La relación distancia entre rápidos y el ancho del río es mayor a 25. |
| Puntos: | 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 11 | 10 9 8 7 6 | 5 4 3 2 1 0 |
| 8. Estabilidad de las Márgenes | Márgenes estables. Ausencia de erosión o desprendimientos. Poca posibilidad de problemas futuros. Menos del 5% de la margen esta afectada | Estabilidad moderada. Pequeñas áreas de erosión. Entre 5 y 30% de las márgenes del trecho tiene áreas de erosión. | Inestabilidad moderada Entre 30 y 60% de las márgenes del trecho tiene áreas de erosión. Posibilidad de fuerte erosión durante las crecidas. | Inestabilidad completa. Areas muy erosionadas. Frecuencia de áreas despejadas en trechos rectos y recodos. Entre 60 y 100% de las márgenes del trecho erosionadas. |
| Puntos: | Margen izquierda 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| Puntos: | Margen derecha 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| 9. Vegetación protectora de las riberas | Mas del 90% de las márgenes y la zona ribereña esta cubierta por vegetación nativa incluyendo árboles, arbustos, macrofitas. Vegetación tupida natural. | Entre el 70 y 90% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa. Vegetación algo abierta. | Entre el 50 y 70% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa. Vegetación abierta. | Menos del 50% de las márgenes cubiertas por vegetación nativa. |
| Puntos: | Margen izquierda 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| Puntos: | Margen derecha 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| 10. Ancho de la vegetación ribereña | Extension de la vegetación ribereña mayor a 18 m y sin impacto antrópico. | Extension de la vegetación ribereña entre 12 y 18 m y un minimo impacto antrópico | Extension de la vegetación ribereña entre 6 y 12 m y un impacto antrópico evidente. | Extension de la vegetación ribereña menor a 6 m. Poca o ninguna vegetación debido a un fuerte impacto antrópico. |
| Puntos: | Margen izquierda 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| Puntos: | Margen derecha 10 9 | 8 7 6 | 5 4 3 | 2 1 0 |
| Total: | | | | |