

1-1-2017

Caracterización de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en arroyos del campus Utopía – Universidad de La Salle (Yopal-Casanare)

Katherine Briceth Pallares Paredes
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia>

Citación recomendada

Pallares Paredes, K. B. (2017). Caracterización de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en arroyos del campus Utopía – Universidad de La Salle (Yopal-Casanare). Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/biologia/22>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Departamento de Ciencias Básicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Biología by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Caracterización de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en arroyos del Campus Utopía – Universidad de La Salle (Yopal-Casanare)

Katherine Briceth Pallares Paredes
Código: 20122019

Universidad de la Salle
Departamento de ciencias básicas
Bogotá D.C., Colombia 2017

Caracterización de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en arroyos del Campus Utopía – Universidad de La Salle (Yopal-Casanare)

ii

Katherine Briceth Pallares Paredes

Trabajo de grado para optar por el título de bióloga

Directora

Maria Isabel Castro Rebolledo
Bióloga M.Sc. Ph. D.

Universidad de la Salle
Departamento de ciencias básicas
Programa de biología
Bogotá D.C., Colombia
2017

AGRADECIMIENTOS

iii

Esta tesis fue posible gracias al apoyo de muchas personas. Mi agradecimiento a todos aquellos que ayudaron de distintas maneras y en diferentes lugares.

Primeramente, quisiera agradecer a Angie Fonseca, Daniela Castillo, Julieth Tellez, Juan Rodriguez y en especial a Sara Rodriguez que me ayudaron durante el muestreo de macroinvertebrados en Yopal.

Me gustaría agradecer a Jose Cuellar y Sara Rodriguez por su colaboración en los análisis estadísticos.

Tambien agradecer a la profesora Lucia Lozano por permitirme trabajar en el laboratorio del semillero, SEINCOBIO.

Quiero agradecer al *Campus* Utopía por la colaboración logística y el préstamo de las instalaciones para la realización de este estudio.

Doy un especial agradecimiento a Juan David Gonzalez por metirme usar el laboratorio de Limnología de la Universidad Nacional, por su apoyo incondicional, su ayuda en la taxonomía y en el desarrollo de este documento.

Un agradecimiento a la Profesora Maria Isabel Castro quién confió en mi y fue mi guía durante todo este proceso de aprendizaje, desde el conocimiento en campo hasta el último detalle para la realización de este trabajo.

También me gustaría a mis amigos Fernanda Mamby y Felipe Ortíz por su apoyo incondicional.

En especial quiero agradecerles a mis papás por darme ese apoyo, confianza y motivación todo el tiempo, por siempre estar ahí y por todo lo que me han enseñado para poder lograr dar un paso importante en mi vida.

Los ecosistemas acuáticos de la Orinoquía presentan un régimen de lluvias monomodal, lo que tiene un efecto sobre las comunidades que habitan, como es el caso de los macroinvertebrados que son organismos muy importantes para estos ecosistemas, ya que tienen un papel muy importante en las redes tróficas. En este estudio se realizó la caracterización de los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en los tres arroyos del Campus Utopía de La Universidad de la Salle en Yopal-Casanare (Caños El Tiestal, Las Flores y El Güío). Este estudio se llevó a cabo en los meses de julio/2016, octubre/2016 y enero/2017 correspondiente a tres periodos climáticos. Se midieron variables físicoquímicas (temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto ($\text{mg l}^{-1} \text{O}_2$), pH, conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$), Amonios ($\mu\text{g l}^{-1}\text{NH}_4^+$) y Fosfatos ($\mu\text{g l}^{-1}\text{PO}_4^-$) e hidrológicas (caudal $\text{m}^3 \text{S}^{-1}$). La recolección de los macroinvertebrados se realizó en 7 tramos de 50 m cada uno. El material se colectó con una red Surber (900 cm^2), luego fueron identificados y cuantificados. Posteriormente se obtuvo su abundancia relativa. Las familias más abundantes registradas en los diferentes caños fueron Chironomidae y Simuliidae. Se determinaron y categorizaron los grupos tróficos de macroinvertebrados siendo el grupo de los colectores-recolectores el dominante. El RDA mostró que los ensamblajes de los macroinvertebrados dependen de variables físicoquímicas como el fosfato, el pH y oxígeno disuelto).

Palabras clave: macroinvertebrados, contenidos estomacales, estructura trófica, variables físicoquímicas, relaciones espacio temporales.

TABLA DE CONTENIDOS

	v
RESUMEN	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ÁREA DE ESTUDIO	2
2.1. Descripción de los puntos de muestreo.....	2
3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
4. HIPÓTESIS.....	5
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo General.....	5
5.2. Objetivos Específicos.....	5
6. MATERIALES Y MÉTODOS	6
6.1. Caracterización del hábitat fluvial	6
6.2. Muestreo de macroinvertebrados	6
6.3. Identificación taxonómica.....	6
6.4 Montajes.....	6
6.5 Revisión de Contenidos estomacales	7
6.7 Análisis estadístico.....	7
7.RESULTADOS.....	7
8. DISCUSIÓN	17
9.BIBLIOGRAFÍA	19

Tabla 1. Variables fisicoquímicas medidas en el presente estudio, en de los caños Las flores, Tiestal y Güio en los tres meses de muestreo. T(temperatura), Od (oxígeno disuelto), %S (porcentaje de saturación de oxígeno), Caudal, pH, Cond (conductividad), NH₄⁺ (Amonios) y PO₄⁻ (Fosfátos).....8

Tabla 2. Tabla de composición de macroinvertebrados acuáticos en utopía (Yopal-Casanare) recolectados en el presente trabajo.....9

Tabla 3. Categorización de los grupos tróficos de macroinvertebrados del Campus Utopía en Yopal-Casanare.....12

- Figura 1.** Mapa del Campus utopía con los diferentes puntos de muestreo Tiestal arriba (punto 1-caño El Tiestal 1), Tiestal abajo (punto 3- caño El Tiestal 2), Flores arriba (punto 2-caño Las Flores 1), Flores abajo (punto 7- caño Las Flores 2), Güio arriba 1 (punto 4-caño El Güio 1), Güio arriba 2 (punto 5- caño El Güio 2) y Güio abajo (punto 6- caño El Güio 3). En el Campus Utopía, Yopal Casanare.3
- Figura 2.** datos históticos de precipitaciones 2016 de yopal-casanare.....4
- Figura 3.** Puntos de muestreo de los caños El tiestal, Las flores y El Güío. A) Las Flores arriba (punto 1), B) El Tiestal arriba (punto 2), C) Las Flores abajo (punto 3), D) El Güío arriba 1 (punto 4), E) El Güío arriba 2 (Punto 5), F) El Güío abajo (punto 6), G) El tiestal abajo (punto 7).....5
- Figura 4.** Curva de acumulación de especies de macroinvertebrados acuáticos del Campus Utopía (Yopal - Casanare)9
- Figura 5.** Diversidad de Shannon en los siete puntos de muestreo Flores arriba(CLF1), Flores abajo (CLF2), Tiestal arriba (CET1), Tiestal abajo (CET2), Güio arriba 1(CEG1), Güio arriba 2 (CEG2) y Güio abajo (CEG3)12
- Figura 6.** Dendograma de análisis de agrupamiento jerárquico para similaridad de Morisita de especies de macroinvertebrados en el Campus Utopía en los siete puntos de muestreo Flores arriba (punto 1), Flores abajo (punto 3), Tiestal arriba (punto 2), Tiestal abajo (punto 7), Güio arriba 1 (punto 4), Güio arriba 2 (punto 5) y Güio arriba 3 (punto 6).....13
- Figura 7.** Grupos tróficos en los caños Tiestal, Las flores y Güio en los tres periodos climáticos en los que se realizó en el presente estudio..... 15
- Figura 8.** Análisis de componentes principales para los grupos tróficos y los puntos de muestreo.....16
- Figura 9.** Análisis de redundancia para los puntos de muestreos-meses y géneros de macroinvertebrados en Utopía en Yopal-Casanare. La gráfica de dividió en: A) Ordenación espacial, B) Ordenación temporal - organismos.....17

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos de la región del Orinoco pueden dividirse en ríos de pie de monte de llanura baja, en ríos y caños de la altillanura y en caños del escudo guayanés. Los ríos y caños de la altillanura que poseen características fisicoquímicas especiales como los son la conductividad que presenta bajos valores, también poseen un pH alcalino lo cual hace de esta una zona de baja productividad pesquera, pero con una gran diversidad de macroinvertebrados (1). El régimen climático de estas zonas tiene una gran influencia sobre los macroinvertebrados acuáticos, ya que el cambio en la precipitación se ve reflejada en el caudal, tanto en el desborde de los ríos, como en épocas de sequías, cambiando las características fisicoquímicas del ecosistema como la conductividad, el pH, la temperatura y la cantidad de oxígeno disponible lo que modifica su composición y su estructura funcional (2). Además, los cambios de aportes alóctonos en estos ecosistemas tienen un efecto en cuanto al modelamiento de nuevos habitats y al consumo de materia orgánica por parte de los organismos que viven en él. (3)

Unas de las principales variables que tienen un efecto sobre los macroinvertebrados es el caudal, el cual se ha encontrado que influye en la diversidad de estos organismos, además de la influencia de esta sobre variables como el oxígeno disuelto, conductividad y pH, que a su vez también estructuran las comunidades de macroinvertebrados, ya que estos organismos presentan cierta sensibilidad a las condiciones de su entorno, por lo anterior estos organismos han sido utilizados para la evaluación de la calidad del agua (4). Además, los macroinvertebrados acuáticos juegan un papel muy importante en las redes tróficas de los ecosistemas lóticos, ya que controlan la distribución y cantidad de presas en su entorno generando una fuente de alimento para distintos consumidores tanto acuáticos, como terrestres. Asimismo, son los principales recicladores de nutrientes de estos sistemas (5). Estos grupos tróficos tienen una gran importancia pues permiten observar atributos significativos, relacionados con los ensamblajes de las comunidades desde una perspectiva estructural y funcional, estos vistos desde los procesos de transformación de la energía en dicho ecosistema (6).

En esta región se han realizado muy pocos estudios para conocer la estructura de los macroinvertebrados y sus grupos tróficos. Uno de los trabajos realizados en esta zona ha sido el de Rivera-Rondón *et al.* (7) en el cual se realizó la caracterización limnológica de los humedales de la planicie de inundación del Río Orinoco. Otro estudio en esta región fue el realizado por Camacho-Reyes & Camacho-Rozo (8) donde se caracterizaron los habitats de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas en cuerpos de agua semipermanentes en una sabana inundable.

Debido a la carencia de información, este estudio pretende caracterizar los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en algunos arroyos de la Orinoquia colombiana ubicados en el Campus Utopía de la Universidad de La Salle en Yopal –Casanare, teniendo en cuenta el enfoque funcional y estructural, con el fin de aportar al conocimiento de las relaciones tróficas en esta zona del país.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en la sede de la Universidad de La Salle (Utopía), ubicada en la finca Matepantano en Yopal-Casanare (5°19'N, 72°17'W). Este municipio se encuentra a una altitud de 350 m.s.n.m, tiene una temperatura promedio de 26.9 °C y presenta una precipitación anual de 2270 mm. Tiene un régimen climático monomodal con un primer período de lluvias bajas entre diciembre a marzo y uno de intensas lluvias entre abril y noviembre (Figura 2). El presente trabajo se realizó en los caños El Tiestal, Las Flores y El Güio a través de tramos de 50 m en 7 sitios distintos, como se observa en la Figura 1. En épocas de aguas altas (julio), medias (octubre) y bajas (enero).

2.1. Descripción de los puntos de muestreo

El muestreo se llevó a cabo en tres caños que recorren la finca Matepantano: Caño El Tiestal, Caño las Flores, Caño El Güio. En siete diferentes puntos (Figura 3).

Punto 1: Caño Las Flores arriba. Es un punto que se encuentra antes de pasar por el campus de la universidad. Anterior a este punto se desechan aguas de un cultivo de arroz y es un corredor para paso de ganado.

Punto 2: Caño El tiestal arriba. En este punto el cual se encuentra rodeado por un bosque de *Attalea butyracea*. Es el punto que presenta mayor grado de conservación.

Punto 3: Caño Las Flores abajo. Es el punto más cercano al campus. Presenta una disminución en el caudal debido a que antes del punto se extrae agua para riego. Además, tiene un gran aporte de materia orgánica por su asociación con el bosque, se encuentra junto un cultivo de pasifloras y un platanal.

Punto 4: Caño el Güio arriba 1. Este punto está asociado a macrófitas en todo su borde. Se encuentra bajo un paso peatonal y vehicular, y en la parte más alejada hay presencia de *Attalea butyracea*.

Punto 5: Caño el Güio arriba 2. Al igual que el punto, es cercano a su punto anterior. Sin embargo, es el mas estrecho, tiene una vegetación muy densa en sus orillas con pastos, arboles y otras pequeñas plantas. Hay un paso vehicular directo sobre su cauce.

Punto 6: Caño el Güio parte baja. Este punto presenta áreas arenosas y una densa cobertura vegetal principalmente de diferentes especies de palmas. Se encuentra cerca a una zona ganadera.

Punto 7: Caño El Tiestal parte baja. Este punto se encuentra junto a un cultivo de cacao, Es el punto que presenta mayor amplitud. No tiene mucha cobertura vegetal.

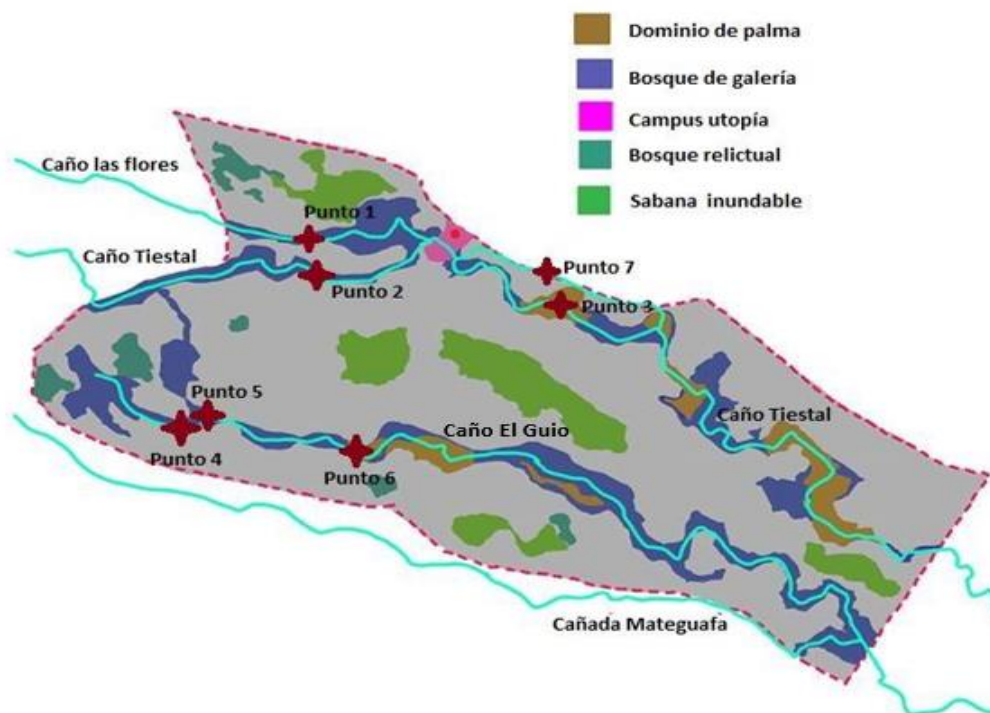


Figura 1. Mapa del Campus utopía con los diferentes puntos de muestreo Tiestal arriba (punto 1- caño El Tiestal 1), Tiestal abajo (punto 3- caño El Tiestal 2), Flores arriba (punto 2- caño Las Flores 1), Flores abajo (punto 7- caño Las Flores 2), Güio arriba 1 (punto 4- caño El Güio 1), Güio arriba 2 (punto 5- caño El Güio 2) y Güio abajo (punto 6- caño El Güio 3). En el Campus Utopía, Yopal-Casanare.

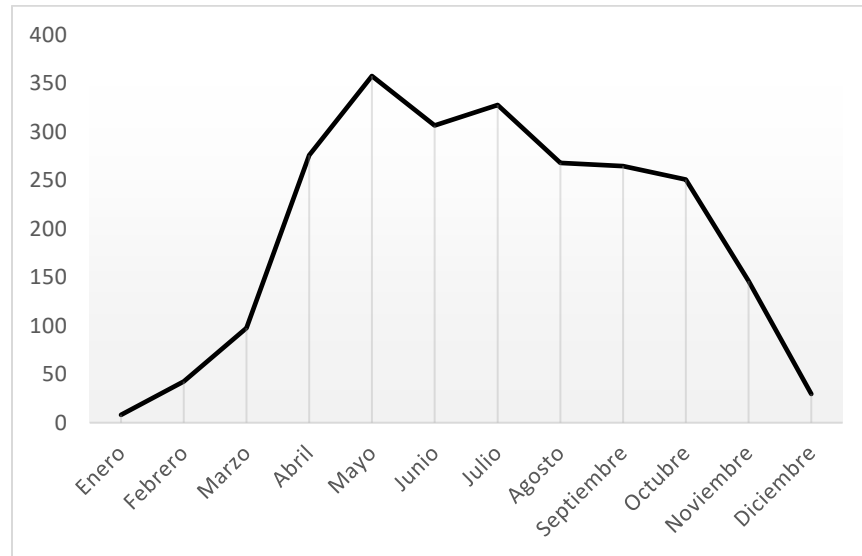


Figura 2. Media multi-anual (1975-2016) de las precipitaciones registradas en la estación Aeropuerto, Yopal-Casanare. Datos suministrados por el IDEAM, 2017.



Figura 3. Puntos de muestreo de los Caños El Tiestal, Las Flores y El Güio. A) Las Flores arriba (punto 1), B) El Tiestal arriba (punto 2), C) Las Flores abajo (punto 3), D) El Güio arriba 1 (punto 4), E) El Güio arriba 2 (Punto 5), F) El Güio abajo (punto 6), G) El Tiestal abajo (punto 7).

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Que diferencias espaciales y temporales presentan los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos presentes en el Campus Utopía en Yopal-Casanare?

¿Que variables fisicoquímicas y ambientales están afectando la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en el Campus Utopía en Yopal-Casanare?

4. HIPÓTESIS

Existen diferencias en la composición y grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en los puntos de muestreo en los diferentes meses de muestreo (julio, octubre y enero), lo cual se relaciona con la variabilidad estacional del área de estudio.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Caracterizar los ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos en algunos arroyos de la Orinoquia colombiana.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar hasta el nivel taxonómico más bajo posible los macroinvertebrados acuáticos presentes en los arroyos del Campus Utopía en diferentes periodos climáticos.
- Determinar la estructura trófica de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la zona de estudio.
- Describir las principales variables fisicoquímicas del agua en los diferentes puntos de muestreo.
- Establecer la relación entre los ensamblajes de macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas y ambientales de la zona de estudio.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Caracterización del hábitat fluvial

Para el presente estudio se midieron las siguientes variables fisicoquímicas, para cada uno puntos de muestreo: la temperatura (°C) y el oxígeno disuelto ($\text{mg l}^{-1} \text{O}_2$) se midieron con un oxímetro (Hach HQ30); además, se calculó la conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y el pH con una sonda multiparamétrica (Eijkelkamp 18.52.01); la velocidad del agua se midió *in situ* utilizando un medidor global de flujo digital y de descarga (Q). Para la determinación de amonios (NH_4^+ , mg/L) y fosfatos (PO_4^-) se utilizó el método de colorimetría (Freshwater Test Kit).

6.2. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados se llevó a cabo en 3 ocasiones teniendo en cuenta la estacionalidad climática: aguas altas durante el mes de julio/16, aguas medias en octubre/16 y aguas bajas durante enero/17. La recolección de organismos se realizó utilizando una red Surber de 900 cm^2 con un ojo de malla de $250 \mu\text{m}$, esto se efectuó sobre sustratos rocosos. A lo largo de cada tramo se realizaron 5 recolecciones con la red Surber, las cuales se enjuagaron y tamizaron *in situ* y se conservaron los individuos en alcohol al 96%. Posteriormente, en laboratorio los macroinvertebrados se volvieron a tamizar y enjuagar bajo la llave donde se conservaron en alcohol al 70%.

Para el análisis de los contenidos estomacales las muestras se congelaron previamente, después se enjuagaron y se tamizaron en el laboratorio, donde luego se preservaron los organismos con alcohol al 70%.

6.3. Identificación taxonómica

Se realizó la identificación de los taxa utilizando las claves de Merritt et al. (9), Domínguez, E. & Fernández (10) y Trivinho-Strixino y Strixino (11), donde posteriormente los organismos fueron contabilizados para determinar la abundancia relativa en cada uno de los puntos de muestreo.

6.4 Montajes

Para el montaje de Chironomidae se realizó un aclarado previo con una solución de Hidróxido de Potasio (KOH) caliente, posteriormente se dividió la cabeza del cuerpo y fueron montados en Euparal®, lo que implicó una deshidratación previa en alcohol del 70% y 90% antes de su montaje (4). De igual manera los

Efemeropteros fueron montados en Euparal® dividiendo cada una de las partes de la cabeza y las patas de los organismos.

6.5 Revisión de Contenidos estomacales

Para la determinación de los grupos tróficos, se siguió el método planteado por Muñoz *et al.* (12). Se utilizaron 5 individuos de los géneros más abundantes y representativos. Después se tomaron los individuos y se les extrajo el tracto digestivo con ayuda de pinzas y agujas. Con pequeños movimientos, con el método squash (presionar y rotar), se montaron los organismos y se observaron al microscopio (100-400x) donde se dividieron los grupos en: colectores-recolectores, predadores, colectores-filtradores y rapadores-colectores, según lo planteado por Tomanova *et al.* (13). Posteriormente, se tomaron fotografías y por medio del programa ImageJ se calcularon las porciones de las presas. Para los géneros que presentaron el tracto digestivo vacío, el grupo trófico de acuerdo a lo descrito por Tomanova *et al.* (13) y Chará-Serna *et al.* (14).

6.7 Análisis estadístico

Utilizando la abundancia y los géneros encontrados en cada uno de los puntos de muestreo, se realizó la curva de acumulación de especies con ayuda del programa EstimateS versión 8 (15). Por otro lado, se calculó la diversidad de los macroinvertebrados por medio del índice de Shannon, se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico para similaridad de Morisita en los siete puntos de muestreo. Además, para las diferencias espaciales y temporales de los grupos tróficos y fisicoquímicos se realizó un ANOVA, todo esto con ayuda del programa Past (16).

Para la correlación grupos tróficos con los puntos de muestreo y la estacionalidad, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). También se realizó el ordenamiento de los datos para determinar las diferencias espaciales y temporales-organismos por medio de un análisis de Redundancia con ayuda del programa CANOCO 4.5 (17). Los datos fueron transformados con Arcoseno hiperbólico inverso para su respectivo análisis.

7.RESULTADOS

Para determinar las variables fisicoquímicas que eran significativas espacial y temporalmente se realizó un ANOVA, el cual mostró que habian diferencias significativas ($p < 0.001$) de las variables fisicoquímicas en los arroyos en los diferentes meses de muestreo. La conductividad ($p < 0,01$ $F=10,38$) mostró muchas fluctuaciones durante los meses muestreados, siendo el mes de octubre el que tuvo los valores más bajos y enero los valores más altos en los tres caños. El caño El Güio presentó diferencias en valores de temperatura ($p < 0,01$; $F= 9,29$), caudal ($p < 0,01$; $F=2.98$) y los valores de amonio ($p < 0,01$; $F=3,46$) y fosfato ($p < 0,01$; $F=4,22$). Aunque el caudal no presentó diferencias significativas, notamos claramente una variación entre los valores siendo enero el mes de menor caudal y octubre el de mayor caudal registrado (Tabla 1).

De acuerdo a la curva de acumulación de especies y los estimadores Chao1, Jack1 y Bootstrap, se evidencia que se obtuvo el 70% de especies en los 3 muestreos realizados (Figura 4).

Tabla 1. Variables fisicoquímicas medidas en el presente estudio, en de los caños Las flores, Tiestal y Güio en los tres meses de muestreo. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto (mg l^{-1}), Caudal (m^3s^{-1}), pH, Conductividad ($\mu\text{S cm}$), Amonios ($\text{mg l}^{-1}\text{NH}_4^+$) y Fosfatos ($\text{mg l}^{-1}\text{PO}_4^-$).

	Las Flores			El Güio			El Tiestal		
	Julio	Octubre	Enero	Julio	Octubre	Enero	Julio	Octubre	Enero
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	26,55	26,55	25,2	26,8	27	24,54	26,3	26,55	25,08
Oxígeno disuelto (mg l^{-1})	6,3	6,78	6,35	6,51	5,91	5,6	5,8	6,91	6,98
pH	6,41	5,7	7,2	6,74	6,05	7,08	6,84	6,22	7,45
Conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	63,43	24	145,5	68,74	16	119,33	82,45	21	152
NH_4 ($\text{mg l}^{-1}\text{NH}_4^+$)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,37	0,5	0,31	0,25	0,63
PO_4 ($\text{mg l}^{-1}\text{PO}_4^-$)	0,13	0,25	0	0,25	0,08	0	0,25	0	0
Caudal (m^3s^{-1})	0,19	0,45	0,015	0,12	0,055	0,031	0,25	0,369	0,17

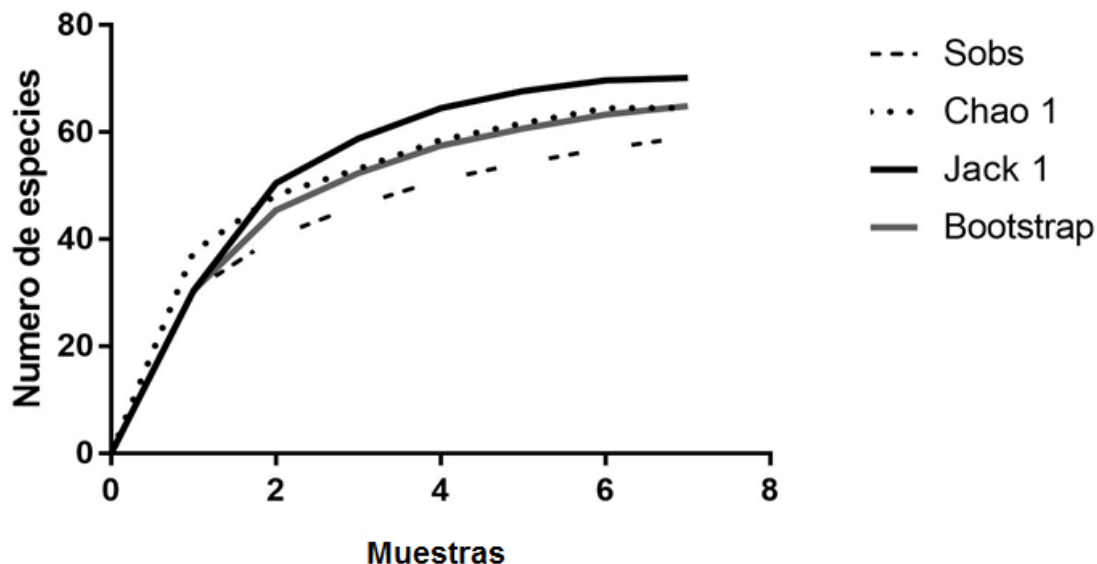


Figura 4. Curva de acumulación de especies de macroinvertebrados acuáticos del Campus Utopía (Yopal - Casanare).

Se encontraron 42 géneros de macroinvertebrados (Tabla 2), distribuidos en 23 familias en 10 órdenes. Los órdenes más abundantes en estos sistemas fueron Ephemeroptera, Diptera y Trichoptera con 497, 285 y 1302 individuos, respectivamente; siendo la familia Chironomidae la más abundante de todas con 1.193 individuos. Se realizó un ANOVA en las diferentes épocas de muestreo donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$, $F=3,84$) en la composición de macroinvertebrados en los 7 puntos trabajados.

Tabla 2. Tabla de composición de macroinvertebrados acuáticos en el Campus Utopía (Yopal-Casanare) recolectados en el presente trabajo.

Clase	Orden	Familia	Género
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i> sp.
		Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i> sp.1
			<i>Farrodes</i> sp.2
			<i>Thraulodes</i> sp.
		Baetidae	<i>Camelobaetidis</i> sp.1
			<i>Camelobaetidis</i> sp.2
			<i>Baetodes</i> sp.
		Cenidae	<i>Caenis</i> sp.
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.
		Hidrottilidae	<i>Neotrichia</i> sp.
<i>Metrichia</i> sp.			

		Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.
		Philopotamidae	<i>Chimarra</i> sp. <i>Wormaldia</i> sp.
		Glossosomatidae	<i>Culoptila</i> sp.
Diptera		Chironomidae	<i>Polypedilum</i> sp. <i>Tanytarsus</i> sp. <i>Chironomus</i> sp. <i>Stenochironomus</i> sp. <i>Larsia</i> sp. <i>Hudsonimyia</i> sp. <i>Corynoneura</i> sp.1 <i>Corynoneura</i> sp.2 <i>Corynoneura</i> sp.3 <i>Onconeura</i> sp. <i>Phaenopsectra</i> sp. <i>Cricotopus</i> sp. <i>Chironominae</i> gen1. <i>Chironominae</i> gen2. <i>Orthocladiinae</i> gen1.
		Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.
		Athericidae	<i>Athericidae</i> gen1.
		Ceratopogonidae	<i>Ceratopogonidae</i> gen1.
Lepidoptera		Crambidae	<i>Crambidae</i> gen1.
Coleoptera		Elmidae	<i>Cylloepus</i> sp. <i>Hexacylloepus</i> sp. <i>Microcylloepus</i> sp. <i>Notelmis</i> sp. <i>Cylloepus Larva</i> sp. <i>Hexacylloepus Larva</i> sp.
Odonata		Coenagrionidae	<i>Enallagama</i> sp.
		Libellulidae	<i>Orthemis</i> sp. <i>Oligoclada</i> sp.
		Platystictidae	<i>Palaemnema</i> sp.
		Calopterygidae	<i>Calopteryx</i> sp.
Hemiptera		Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp.1 <i>Rhagovelia</i> sp.2
Malacostraca			
	Decapoda	Trichodactylidae	<i>Valdivia</i> sp. <i>Sylviocarcinus</i> sp.
		Palaemonidae	<i>Palaemonetes</i> sp.
Bivalva			
	Veneroida	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp. <i>Eupera</i> sp. <i>Sphaerium</i> sp.
Gastropoda			
		Planorbioidea	<i>Gundlachia</i> sp. <i>Helisoma</i> sp. <i>Biomphalaria</i> sp.

El índice de diversidad de Shannon presentó cambios entre los puntos de muestreo (Figura 5), donde el Flores abajo (punto 7), Tiestal abajo (punto 3) y Güío abajo (punto 6) registraron los valores mas bajos. De acuerdo a la época del año, octubre fue el mes donde se observaron mayores diferencias en cuanto a la diversidad, mientras que en los meses de julio y enero se ven valores muy similares.

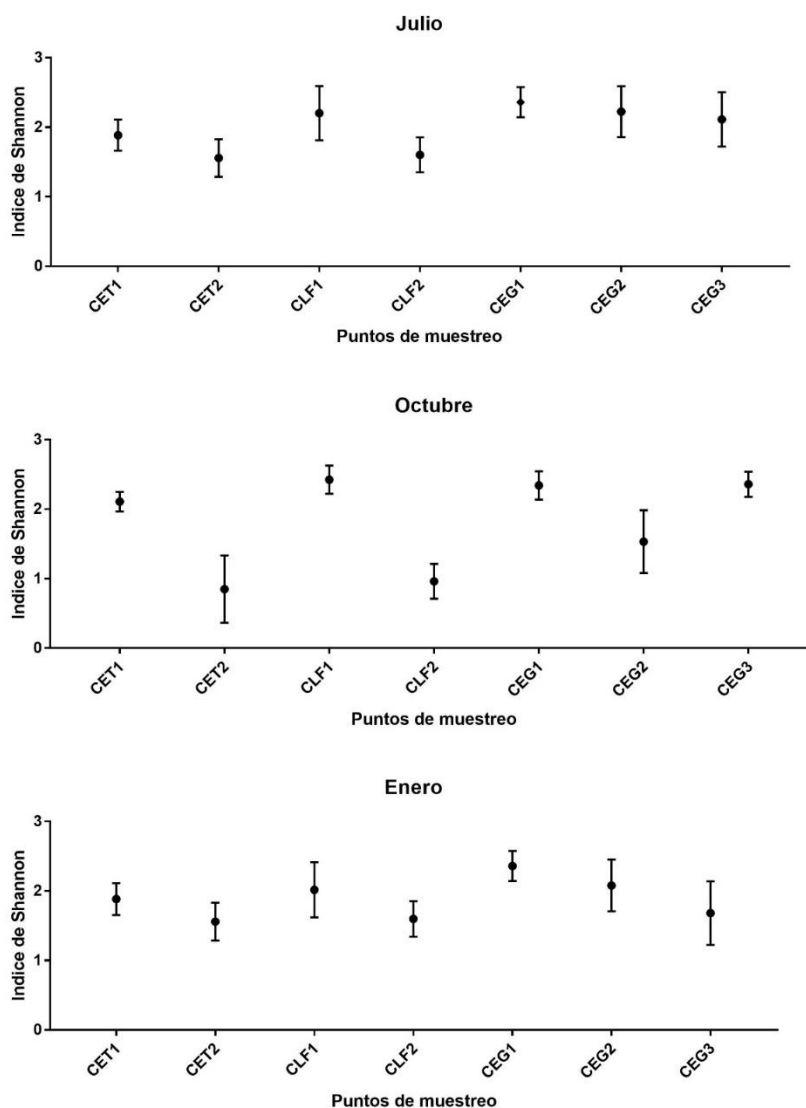


Figura 5. Diversidad de Shannon en los siete puntos de muestreo Flores arriba (CLF1), Flores abajo (CLF2), Tiestal arriba (CET1), Tiestal abajo (CET2), Güío arriba 1(CEG1), Güío arriba 2 (CEG2) y Güío abajo (CEG3).

Al comparar los 7 puntos de muestreo bajo el índice de Morisita (Figura 6), se observa que el punto Tiestal arriba (punto 2) difiere respecto a los otros. Por otro

lado, hay una clara agrupación de los puntos de muestreo restantes. El punto Güio arriba 1 comparte alrededor del 70% de las especies con los puntos Güio abajo y Tiestal abajo. Además, Flores arriba comparte alrededor del 70% de las especies con los Caños Flores abajo y Güio arriba 2. Sin embargo, estos dos anteriores comparten aproximadamente el 85% de las especies.

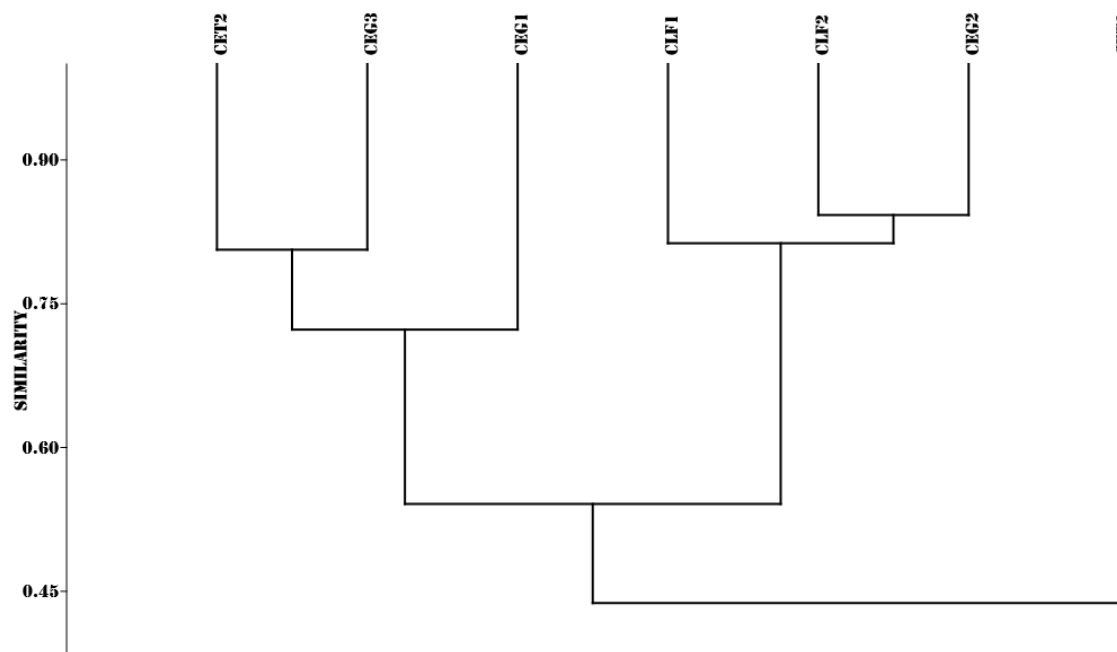


Figura 6. Dendrograma de análisis de agrupamiento jerárquico para similaridad de Morisita de especies de macroinvertebrados en el Campus Utopía en los siete puntos de muestreo Flores arriba (punto 1), Flores abajo (punto 3), Tiestal arriba (punto 2), Tiestal abajo (punto 7), Güio arriba 1 (punto 4), Güio arriba 2 (punto 5) y Güio arriba 3 (punto 6).

Tabla 3. Categorización de los grupos tróficos de macroinvertebrados del Campus Utopía en (Yopal-Casanare).

Clase	Orden	Familia	Género	Grupo trófico
Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>	Colector-Recolector
		Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	Colector-Recolector
			<i>Thraulodes</i>	Colector-Recolector
		Baetidae	<i>Camelobaetidis</i>	Raspador-Colector
			<i>Baetodes</i>	Colector-Recolector
	Cenidae	<i>Caenis</i>	Colector-Recolector	
	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	Colector-predador
		Hidrotíptilidae	<i>Neotrichia</i>	Raspador-Colector
			<i>Metrichia</i>	Raspador-Colector
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	Depredador	

	Philopotamidae	<i>Chimarra</i> <i>Wormaldia</i>	Colector-Filtrador Colector-Filtrador
Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum</i>	Raspador-Colector
		<i>Tanytarsus</i>	Colector-Filtrador
		<i>Chironomus</i>	Colector-Recolector
		<i>Stenochironomus</i>	Colector-Recolector
		<i>Larsia</i>	Depredador
		<i>Hudsonimyia</i>	Depredador
		<i>Corynoneura</i>	Colector-Recolector
		<i>Onconeura</i>	Colector-Recolector
		<i>Phaenopsectra</i>	Raspador-Colector
		<i>Cricotopus</i>	Raspador-Colector
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	Colector-Filtrador
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	N.I
		<i>Hexacylloepus</i>	N.I
		<i>Microcylloepus</i>	Colector-Recolector
		<i>Notelmis</i>	N.I
		<i>Cylloepus Larva</i>	N.I
		<i>Hexacylloepus Larva</i>	N.I
Odonata	Coenagrionidae	<i>Enallgama</i>	Depredador
	Libellulidae	<i>Orthemis</i>	Predador
		<i>Oligoclada</i>	Predador
	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	Predador
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	Predador
Malacostraca			
Decapoda	Trichodactylidae	<i>Valdivia</i>	N.I
		<i>Sylviocarcinus</i>	Colector-Recolector
Bivalvia			
Veneroida	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	Colector-Filtrador
		<i>Eupera</i>	N.I
		<i>Sphaerium</i>	N.I

Los principales grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el presente estudio se observan en la Tabla 3. Para los cambios espaciales y temporales de estos grupos tróficos (Figura 7) se pudo ver que para el mes de julio el grupo trófico dominante fue el de los colectores-recolectores, para 6 de los 7 puntos de muestreo. Por otro lado, para el mes de octubre se observó un aumento de organismos predadores en los puntos Tiestal arriba y Güio abajo. También se evidenció que en Las Flores abajo hubo un cambio donde el grupo trófico dominante fue el de los colectores-filtradores. Para el mes de enero se evidencia que en el Tiestal arriba hay un aumento de colectores-recolectores y de predadores.

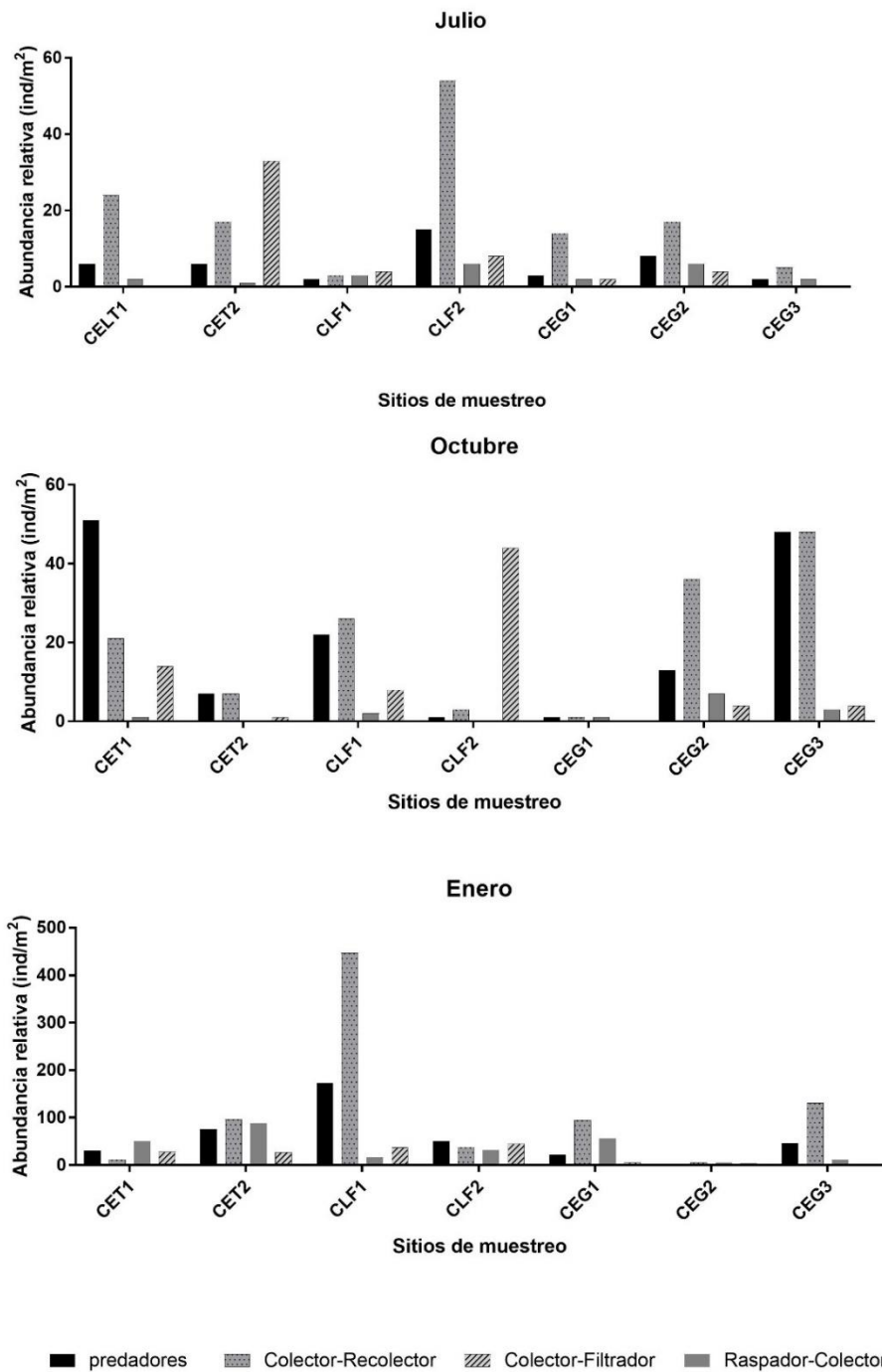


Figura 7. Grupos tróficos en los caños Tiestal, Las flores y Güio en los tres periodos climáticos en los que se realizó en el presente estudio.

Se determinó la asociación de los puntos de muestreo con los diferentes grupos tróficos, como se observa en la figura 8. El análisis de componentes principales mostró que el primer eje explica el 91.8% y el segundo eje explica el 97.0 % de la variación de los datos. En la Figura 8 se evidencia que los organismos colectores-recolectores están relacionados con el Caño El Tiestal arriba, mientras que los organismos raspadores se encuentran asociados a los puntos Flores arriba, Tiestal y Las Flores abajo.

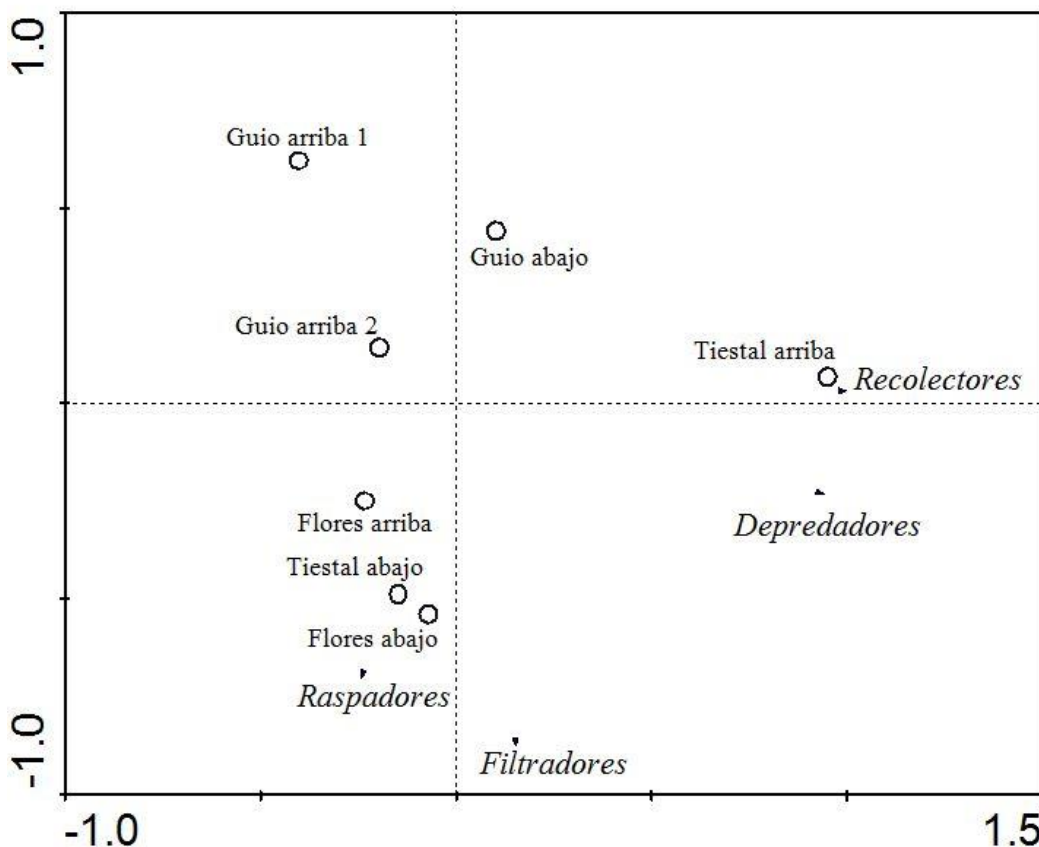


Figura 8. Análisis de componentes principales para los grupos tróficos y los puntos de muestreo.

El análisis de Redundancia (Figura 9), muestra que el primer eje explica el 65.3% y el segundo eje explica el 94.4 % de la variación de los datos, respectivamente. El análisis de Monte Carlo (999 permutaciones) determina que las variables fisicoquímicas significativas fueron pH ($p=0.001$; $F=2,898$), oxígeno disuelto ($p=0.003$; $F=1,962$) y el PO_4^- ($p=0.004$; $F=2,112$). En épocas de aguas altas se evidencia que los puntos de muestreo se presentan altos valores de fosfatos y bajos valores de pH (exceptuando Tiestal abajo).

Los géneros *Haplohyphes*, *Camelobaetidus*, *Cylloepus*, *Smicridea*, *Corynoneura* sp.1, *Stenochironomus*, *Farrodes* sp.2, *Neotrichia*, *Chironominae* gen 1, *Simulium*, *Oligochaeta*, *Farrodes* sp.1, *Hexacylloepus*, *Culoptila* y *Caenis* son organismos

que se encuentran cuando hay altos valores de oxígeno disuelto y bajos valores de PO_4 . Sin embargo, organismos como *Corynoneura* sp.2, *Polypedilum*, *Hudsonimyia*, *Tanytarsus*, *Hirudinea*, *Onconeura*, *Larsia*, *Orthocladinae* gen 1. *Phaenopsectra*, *Cricotopus* y *Chironominae* gen 2 prefieren sitios con pH alto. Es muy interesante como el género *Pisidium* se encuentra relacionado con valores más bajos de pH.

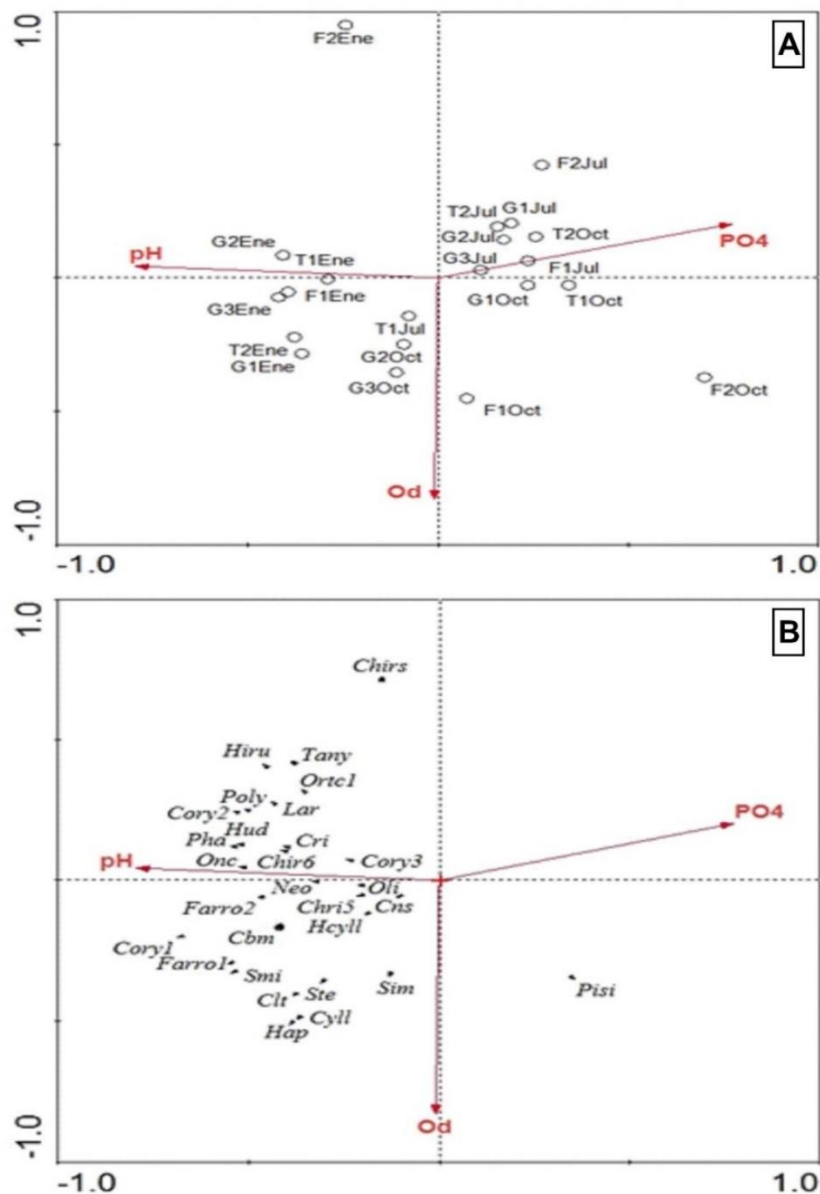


Figura 9. Análisis de redundancia para los puntos de muestreos-meses y géneros de macroinvertebrados en Utopía en Yopal-Casanare. La gráfica se dividió en: A) Ordenación espacial, B) Ordenación temporal - organismos.

8. DISCUSIÓN

Muchos autores han resaltado la importancia de las variables fisicoquímicas e hidrológicas en los ecosistemas acuáticos, ya que, estas están modelando las características del sistema. (Referencias) En estos arroyos se encontró que la conductividad presentó mayores valores en la época de aguas bajas, en el mes de enero se registraron los valores más altos de conductividad para los 3 arroyos (El Güio, El Tiestal y Las Flores); estos valores podrían ser explicados por la alta descomposición de materia orgánica y el poco movimiento de iones debido a la disminución del caudal. (Referencias) El estudio de Rivera-Usme *et al.* (18) muestra que los valores normales de conductividad se encuentran entre 30-60 $\mu\text{S cm}$ (18). El pH presentó valores ácidos acercándose a valores neutros en los diferentes Caños muestreados durante los tres meses; soportando los valores reportados para la mayoría de caños de la Orinoquia y siendo característicos de zonas aptas para la supervivencia de muchos organismos (7, 19).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener, fue menor en Las Flores abajo (punto 3) durante los tres muestreos, producto de homogeneidad del sistema y de la dominancia de un solo grupo (Chironomidae), ya que los sitios de muestreo evidenciaron alta estabilidad ambiental poseen una baja diversidad. A nivel global los valores de diversidad en la época de aguas medias fueron los más bajos contrastando con la hipótesis del disturbio intermedio, donde se espera encontrar mayores valores en épocas de aguas medias (20,21, 22).

Asimismo, las familias Chironomidae y Simuliidae fueron las más abundantes en todos los puntos de muestreo, lo que concuerda con lo reportado en otros trabajos para Colombia (23,24). Los géneros *Larsia*, *Hudsonimyia*, *Haplohyphes*, *Farrodes*, *Smicridea* y *Simulium* fueron los géneros más abundantes en todos los puntos de muestreo.

En cuanto al análisis de similaridad entre los diferentes Caños, se observa que están relacionados entre sí, lo que puede ser explicado por las conexiones entre estos Caños, al provenir todos del río Cravo sur y su cercanía. Lo que permite que las especies se compartan entre ellos (25,26).

Los estudios sobre grupos tróficos en los sistemas tropicales son muy escasos y muchos de estos se han basado en bibliografía de Norte América, principalmente, la de Merritt *et al.* (9) (27). Comparado con lo encontrado en este estudio muchos organismos no pueden ser organizados dentro de las categorías planteadas por estos autores y ratifica la importancia de trabajos realizados para el Neotropico como los de Tomanova *et al.* (13). La predominancia de Colectores-Recolectores en este estudio refleja la importancia de la materia orgánica en estos arroyos, como ha sido reportado también en varios estudios en quebradas andinas (14).

En el mes de julio, aumentó también la cantidad de Colectores-Recolectores, pero al incrementar este grupo en el siguiente muestreo también aumentaron los depredadores. Esto se puede explicar debido a que muchos de los organismos resultaron tener una alimentación generalista, dadas las condiciones ambientales en estos sistemas, creando en los organismos estrategias de supervivencia comunes en los macroinvertebrados presentes en ecosistemas tropicales (28,13). Además, al ser sistemas boscosos, la fotosíntesis puede estar siendo afectada por la sombra, convirtiéndolos en sistemas heterotróficos, explicando de esta manera porque hay poca cantidad de otros organismos como los raspadores en todos los puntos durante los meses de muestreo (29,30).

En la época de aguas medias hubo un aumento de predadores y disminución de colectores y recolectores, a diferencia de lo reportado por Rodríguez-Barrios *et al.* (24) donde al haber un incremento de predadores y una disminución de la cantidad de colectores, este trabajo muestra una gran cantidad de colectores-recolectores en época de aguas altas y sequía, sin depender de los depredadores. Lo que sugiere que son consumidores generalistas y no tienen ninguna preferencia en su dieta.

Los colectores-filtradores presentaron una abundancia considerablemente baja en el Caño El Tiestal abajo, un arroyo con poco caudal, aspecto que generó que se formaran biopelículas en las rocas lo que indicaría que los organismos prefirieron tener este tipo de dieta, ya que era el tipo de alimento disponible, siendo similar a lo reportado por Rodríguez-Barrios *et al.* (24), los cuales encontraron que estos organismos preferían un periodo de baja precipitación para aumentar su tamaño poblacional gracias a la disponibilidad de algas fijadas a rocas.

En el estudio de Rivera *et al.* (7) se registraron cambios temporales en la abundancia de depredadores, producto del aumento de todos los macroinvertebrados en el periodo de baja precipitación. Sin embargo, nuestros registros mostraron un aumento de depredadores en el periodo donde la abundancia de otros macroinvertebrados fue menor (aguas medias), sustentando lo planteado por Tomanova *et al.* (13), donde los autores mencionan que los taxa se comportan de manera distinta en los ecosistemas de zonas templadas y tropicales, ya que los grupos tróficos para cada ecosistema poseen un comportamiento distinto, pues dependen tanto de variables físicoquímicas como ambientales y de los recursos que hacen que estos organismos desarrollen estrategias para poder sobrevivir en estos ambientes (31).

Se esperaba que el caudal fuera una de las variables que más influyera sobre las características de los puntos de muestreo y la distribución de los macroinvertebrados, pues los factores hidráulicos han sido estudiados y determinados como responsables de dar la estructura a la comunidad, ya que permite que se de la formación de microhábitats que pueden ser utilizados

por estos organismos (2). La influencia del caudal ha sido documentada por trabajos de regiones templadas como el de Townsend & Hildrew (32) y en el trópico por el trabajo de Molina *et al.* (33) en los cuales esta variable ha tenido un fuerte impacto sobre las comunidades de macroinvertebrados. Sin embargo, en este trabajo se evidencia que la presencia de organismos depende de otro tipo de factores tales como el pH, el oxígeno disuelto y los fosfatos.

Se ha destacado la influencia sobre la composición de macroinvertebrados acuáticos de variables fisicoquímicas como el pH, la conductividad, el oxígeno disuelto y la temperatura; donde las familias más abundantes como Chironomidae se asoció con bajos niveles de oxígeno, altos valores de conductividad y a sistemas con gran cantidad de materia orgánica en descomposición (34), lo que difiere del presente estudio, ya que géneros de esta familia se registraron en tanto valores altos y como bajos de oxígeno. Por otro lado, se encontró que la familia Simuliidae, estaba relacionada a bajos valores de fosfatos y altos valores de oxígeno disuelto, contrastando con lo reportado por Zúñiga (35). Además, el género *Pisidium* se vio fuertemente relacionado a bajos valores de pH lo cual coincide con Zúñiga *et al.* (36), los cuales plantean que órdenes como Veronoida se caracterizan por la formación de estructuras calcáreas en su cuerpo debido a la alta conductividad y pH.

Con este trabajo se puede concluir que la alta abundancia relativa de los colectores-recolectores está asociada a ambientes con hojarasca lo que lleva a que haya altos valores de materia orgánica en estos sistemas. Además, se observa que la conductividad presenta diferencias debido al cambio en el caudal haciendo que las concentraciones de iones en el sistema varíen. Por otro lado, la abundancia de los macroinvertebrados presentes en el ecosistema está correlacionado con el pH, oxígeno disuelto y fosfato que varían a lo largo del año.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Donato, J. C. & Galvis G. (2008). Tipología de ríos colombianos -Aspectos generales. En: Ecología de un río de montaña de los Andes colombianos (Río Tota, Boyacá-Colombia). Donato, J., (Ed.) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
2. Gómez M. C. (2008). Dinámica de la comunidad fitoplanctónica en dos ecosistemas de planos inundables del Trapecio Amazónico colombiano. El Astrolabio Volumen 7:5 p.
3. Donato J. (1998) Los sistemas acuáticos de Colombia: síntesis y revisión. En: Guerrero E. Una aproximación a los humedales en Colombia. Bogotá: UICN-Fondo FEN; p. 31-47.

4. Lewis W.Jr., Hamilton S.K., Lasi M.A., Rodriguez M., Saunders III J.F. (2000). Ecological determinism on the Orinoco floodplain. *Bioscience*;50: 681-692.
5. Prat N., Ríos B., Acosta R., Rieradevall M. (2001). Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds). Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina.
6. Greathouse, E. A., and C. M. Pringle. 2005. A sampler for stream macroinvertebrates and organic matter occurring on boulders and bedrock in pools. *Verhandlungen der Internationalen. Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 28, in press.
7. Rivera-Rondón, C.A.; Zapata, A.M.; Pérez, D.; Morales, Y.; Ovalle, H.; Álvarez, J.P. (2010). Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biol. Col.* 15(1):1-16.
8. Camacho-Reyes, J. A. & Camacho-Rozo, C. P. (2010) Aspectos sobre la historia natural de macroinvertebrados en esteros semipermanentes de la altillanura en el departamento de Casanare. *Orinoquia* [online]. 2010, vol.14, suppl.1, pp.71-82. ISSN 0121-3709.
9. Merritt R. W., Cummins K. W., Berg M. B. (1996). An introduction to the aquatic insects of north america, tercera edición. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, IA, South Dakota.
10. Domínguez, E. & Fernández, H. (Eds.). (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Primera Edición. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, Argentina.
11. Trivino-Strixino, S. & Strixino, G. 1995. Larvas de Chironomidae (diptera) do estado de Sao paulo. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. Universidade Federal de Sao Carlos. Programa de pso-Graduação em Ecologia e recursos naturais. 229 pags.
12. Muñoz, I., Rodrigues, A., Camacho, A., Gonzales, J., Romani, A., Sabater, S. (2009). Flujo de energía en el ecosistema fluvial. Producción primaria y producción secundaria. 85-96 p. En: *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Elosegi, A & S Sabater (eds.). Fundación BBVA, España

13. Tomanova S, Goitia E, Helesic J. (2006). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*; 556:251-264.
14. Chará-Serna, A.M., Chará, J., Zúñiga, M. del C., Pedraza, G.X. y Giraldo, L.P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 1: 27-36.
15. Colwell, R.K. (2005). *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application* published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
16. Hammer O, D Harper & P Ryan (2001) PAST: paleontological statistics software for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4: 1-9.
17. Ter Braak, C.J.F., y Smilauer, P. (2012). *CANOCO for Windows (versión 5.0) a FORTRAN program for canocical community ordination*. Centre for biometry, Wageningen, The netherlands.
18. Rivera Usme, J., Pinilla Agudelo, G., & Camacho Pinzón, D. (2013). Macroinvertebrate Trophic Groups in an Andean Wetland of Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279-292.
19. Roldán G, Ramírez JJ. (2008). *Fundamentos de limnología Neotropical*. 2da. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias– ACCEFYN. p. 440.
20. Castro-Rebolledo, MI, Donato, JC (2015). Emergence patterns in tropical insects: the role of water discharge frequency in an Andean Stream. *Ann. Limnol. Int. J. Lim.* 51: 147–155.
21. Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness – a uniform pattern. *Ecography* 18: 200–205.
22. Colwell R, K y Lees D, C. (2000). The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15:70-76.
23. Callisto, M., C. E. Moreno & F. A. R. Barbosa, 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipo, southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61: 259–266.

24. Allan, J.D. (1995). Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, New York. 388 p.
25. Palmer, C., J. O’Keeffe & A. Palmer, (1993). Macroinvertebrate functional feeding groups in the middle and lower reaches of the
26. Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell & C. E. Cushing, (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.
27. Rosi-Marshall, E. J. & J. B. Wallace, 2002. Invertebrate food webs along a stream resource gradient. *Freshwater Biology* 47: 129–141.
28. Rodríguez-Barrios J, Ospina-Tórres R, Turizo-Correa R. (2011). Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Rev Biol Trop*; 59(4):1537-1552.
29. Gutiérrez J.D. (2006). Caracterización del metabolismo y de la oferta de recurso de materia orgánica para la fauna de macroinvertebrados béntonicos en una quebrada de montaña de orden menor.
30. Moya C, Valdovinos C, Moraga A, Romero F, Debels P, Oyanedel A. (2009). Patrones de distribución espacial de ensamblajes de macroinvertebrados béntonicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. *Rev Chilena de Historia Natural*.l;82:425-442.
31. Rosi-Marshall, E. J. & J. B. Wallace, 2002. Invertebrate food webs along a stream resource gradient. *Freshwater Biology* 47: 129–141.
32. Townsend C.R. (1989) The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 8, 36.
33. Molina, C. I., F. M. Gibon, J. Pinto, and C. Rosales. (2008). Aquatic macroinvertebrate structure in a high-Andean stream of the Cordillera Real, Bolivia: annual and longitudinal variations in relation to environmental factors. *Ecología Aplicada* 7:105–116.
34. Roldán G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas físicas y naturales*. (88): 375-387.

35. Zúñiga, M. (1999). Bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca del Rio Cauca. Revista de la asociación de ingenieros sanitarios de Antioquia. AINSA (2): 17-28.
36. Zúñiga, M. y Cardona, W. (2009). Bioindicadores de calidad del agua y caudal ambiental. Pp. 167-198, En: Cantera, J., Carvajal, Y. y Castro, L. (Eds). Caudal ambiental: Conceptos experiencias y desafíos. Programa Editorial de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.