

**Caracterización de diatomeas epilíticas de los arroyos del Campus
Utopía– Universidad de La Salle (Yopal-Casanare)**

Sara Giuliana Rodríguez Álvarez

Código: 20131021

Universidad de La Salle
Departamento de Ciencias Básicas

Bogotá D.C., Colombia 2017

**Comunidad de diatomeas epilíticas de los arroyos del Campus Utopía–
Universidad de La Salle en Casanare Orinoquia colombiana**

Tesis presentada para obtener el título de
Biólogo (a)
Universidad de La Salle, Bogotá

Sara Giuliana Rodríguez Álvarez
Diciembre, 2017

Tutor
María Isabel Castro Rebolledo

Cotutor
Lucía Cristina Lozano Ardila

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible no solo por mi esfuerzo académico, sino también gracias al apoyo de quienes en algún momento me acompañaron y aportaron de diferentes maneras a la finalización de este proyecto.

En primer lugar, mi mayor agradecimiento es para mi familia, principalmente a mis papás a quienes les debo todos mis logros. Gracias por su paciencia, apoyo, comprensión y motivación que me han dado desde el primer momento y con quienes sé que seguiré contando. A mis hermanas Carolina, Diana y Ana por ser mis consejeras y a mis hermanos Orlando y Javier por tantos cuidados. Finalmente a mis sobrinos, por impulsarme a ser la mejor en lo que hago, espero ser un ejemplo a seguir como profesional y como persona.

En segundo lugar, agradezco a la Universidad de La Salle, al Departamento de Ciencias Básicas, especialmente al programa de Biología por mi formación profesional y a Utopía por abrirme las puertas y permitirme realizar este trabajo.

Agradezco a María Isabel por confiar en mí, abrirme las puertas de este nuevo mundo y dirigir mi trabajo. A Lucía por codirigirme, por su paciencia, respeto y ternura con la que corrigió una y otra vez mis errores y por brindarme el espacio para trabajar.

A Katherine Pallares un agradecimiento especial porque fue un apoyo incondicional en campo y laboratorio, por su paciencia y colaboración en los momentos más difíciles. A Daniela Granados por su colaboración en las ilustraciones, apoyo y compañía. A José Cuellar por su ayuda en la realización de los análisis estadísticos y revisión del documento.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Área de estudio	8
3.2. Fase de campo	9
3.2.1. Descripción de los puntos de muestreo	10
3.3. Determinación de las características Físicoquímicas del agua	11
3.4. Recolección de muestras biológicas	11
3.5. Identificación taxonómica	12
3.6. Análisis estadístico	12
4. RESULTADOS	12
Descripción fisicoquímica.....	12
4.2. Descripción taxonómica	13
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS	28

RESUMEN

Los sistemas fluviales son de importancia por la conexión y el transporte de materiales y de nutrientes entre los continentes y el mar, además por los servicios que prestan a las poblaciones urbanas y rurales. Dentro de las comunidades que encontramos en estos sistemas se encuentran las diatomeas (Bacillariophytas), las cuales se han reconocido como organismos indicadores del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y cuyas características también nos permiten inferir la relación que se establece con los bosques riparios y su cuenca. El objetivo de este estudio fue caracterizar las diatomeas del epilíton de los arroyos del campus Utopía (Yopal- Casanare) en tres periodos climáticos diferentes. Los muestreos se realizaron en los meses de julio-2016, octubre-2016 y enero-2017 en los periodos de aguas altas, medias y bajas, respectivamente. Para ello se midieron parámetros fisicoquímicos (temperatura (°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 (PO_4^-) e hidrológicos (caudal m^3s^{-1}) y se tomaron muestras de sustrato rocoso en siete puntos de muestreo distribuidos a lo largo de las quebradas El Gúio, El Tiestal y Las Flores. En total se encontraron 73 morfotipos de 29 géneros. Los géneros con mayor riqueza fueron *Pinnularia*, *Nitzschia* y *Navicula* con 11, 8 y 5 especies respectivamente, y las abundancias oscilaron entre 0 y 700 representando la mayor abundancia especies de los géneros *Pinnularia* y *Surirella*. El análisis de RDA mostró que la distribución de los organismos está influenciada significativamente por la temperatura ($p < 0,01$; $F = 2,724$) y el caudal ($p = 0,025$; $F = 2,196$). Finalmente se observó que cada uno de los caños presenta características físicas, químicas y biológicas muy distintas, lo que puede ser consecuencia de intervenciones antropogénicas, además de resalta la contribución de este trabajo al conocimiento de la biodiversidad de los ecosistemas de la Orinoquia colombiana.

1. INTRODUCCIÓN

En un planeta como el nuestro modelado por el agua, los ríos contienen tan solo el 0,0002% (2000 km^3) de este líquido en el planeta; aun así, desempeñan papeles muy importantes en la circulación y transformación de los recursos, la conservación de la biodiversidad y la conexión de las cuencas terrestres con la atmósfera y con el mar (1).

Colombia hídricamente es uno de los países más ricos (Referencia). En la región de los llanos orientales se haya gran parte del agua de qué tipo del país (R). Allí encontramos ríos de tierras bajas, los cuales se diferencian de los ríos de otras regiones, porque están sometidos a una marcada estacionalidad, los diferentes tipos de aguas y las áreas de inundación relacionadas con el transporte del recurso y el material particulado (2, ¿??? REF). Uno de los grupos en los que

podemos clasificar los cuerpos de agua en esta zona es el conformado por los ríos de la altillanura, que se caracterizan principalmente por tener bajas conductividades, pH reducido y una alta diversidad (2).

En los llanos orientales, debido a cambios estacionales en las lluvias, así como la temperatura, humedad y los suelos hay complejos vegetales asociados a los cuerpos de agua los cuales son conocidos como bosques de galería o riparios (3). La heterogeneidad que se presenta en estos ecosistemas, su productividad y el área reducida en la que se encuentran, los hacen focos de gran importancia para la defensa y conservación del agua (4), especialmente, si se tiene en cuenta que, en esta región, la vegetación correspondiente a los bosques representa tan sólo el 15% y el 85% restante es sabana (5).

Además de ser puntos de gran biodiversidad (6), los bosques riparios ayudan a regular los microclimas de los ecosistemas acuáticos (7). Por consiguiente, la pérdida de su vegetación genera modificaciones en los hábitos alimenticios de los organismos acuáticos, por ejemplo, al disminuir la cobertura vegetal hay una mayor cantidad de organismos fotosintéticos como productores primarios en el cuerpo de agua (8). Además, estos ecosistemas se convierten en una fuente importante de materia orgánica y de nutrientes de los cuales dependen en gran medida sus características fisicoquímicas y la biota presente en el cuerpo de agua (9).

El perifiton, cuyas comunidades están conformadas principalmente por diatomeas, está directamente influenciado por los cambios relacionados con la luz, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes, factores determinados por el bosque ripario (10).

Los ríos varían desde su nacimiento hasta su desembocadura, por lo tanto, la formación de comunidades algales es el resultado de la interacción entre las variables geomorfológicas, hidricas y bióticas. Es así, como los cambios en la estacionalidad climática y la hidrología generan variación en diferentes parámetros fisicoquímicos que se relacionan estrechamente con el tipo de algas que se pueden encontrar en los sistemas fluviales (11).

Las algas son organismos considerados indicadores del estado ecológico de los diferentes cuerpos de agua (12, 13). El grupo más abundante y diverso de algas es el de las Bacillariophytas conocidas como diatomeas, estos organismos se caracterizan porque su pared celular está compuesta por sílice, lo que las hace muy resistentes (14). Se clasifican principalmente por la estructura del frústulo, el cual está formado por dos valvas (15). En esta división encontramos tres clases, Bacillariophyceae que se caracterizan principalmente por ser penadas

con rafe, Fragilariophyceae cuya principal característica es ser penadas sin rafe y Coscinodiscophyceae las cuales son diatomeas céntricas (16).

Las diatomeas especialmente presentan sensibilidad a los cambios de su ambiente (como la concentración de nutrientes, la incidencia de luz y el caudal, entre otros) por lo que el estudio de la composición de estas especies permite inferir la asociación de estos organismos, con dichos cambios (17). Además, parámetros como la conductividad y los niveles de fosfatos pueden determinar en gran proporción la ficoflora de un lugar (18, 19).

Las diatomeas han sido estudiadas en ecosistemas continentales tanto lóticos como lénticos. En Colombia se han intensificado los estudios taxonómicos, ya que como se mencionó anteriormente, los índices diatomológicos pueden ser utilizados como indicadores de la calidad del agua (20). Además, en nuestro país se han realizado varios estudios ecológicos de diatomeas, que se han desarrollado principalmente en las zonas andinas, mientras que en regiones como la Orinoquía y en el departamento del Casanare aún la información es escasa (20).

En el año 2013, Montoya-Moreno *et al.* (21) realizaron el primer inventario de diatomeas presentes en zonas continentales del país. En este estudio se registraron 87 géneros que incluyeron 681 especies. Posteriormente, Sala *et al.* (20) hicieron un listado de diatomeas teniendo en cuenta su taxonomía y distribución en diferentes regiones, reportando 11 nuevas especies. En un trabajo anterior realizado por estos mismos autores se evidenció que las mayores diferencias de flora diatomológica se da entre arroyos de tierras bajas. Moreno-Rodríguez *et al.* (12) realizaron una revisión bibliográfica sobre algas perifíticas y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, allí se concluyó principalmente que se requiere mayor información sobre estos organismos que permita de alguna manera medir el impacto del crecimiento demográfico y las actividades humanas sobre los arroyos de esta región. A pesar de ello, libros como “Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia” (22) usa características de diferentes grupos taxonómicos, entre ellos las diatomeas, para evaluar los estados ecológicos de los ecosistemas incluyendo algunos datos de la región de la Orinoquía.

Rios de altillanura estudios de comunidad de diatomeas???

En el lugar de muestreo del presente estudio, campus Utopía (Hacienda San José de Matepantano) podemos encontrar sabana de altillanura, bosque relictual, bosque de galería con dominio de palma *Attalea butyracea* y sabana inundable, agroecosistemas de utopia???. Por esta zona corren tres arroyos, El Tiestal, El Güño y Las Flores, siendo El Tiestal el principal cuerpo de agua, con la mayor extensión (23). En esta zona se realizan además actividades ganaderas

y agrícolas que se desarrollan cerca de dichos afluentes, y aunque conserva una franja de bosque ripario, se pueden estar viendo afectados los organismos y el estado ecológico de dichos cuerpos de agua por el vertimiento de diferentes desechos o por la extracción del recurso hídrico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la Comunidad de diatomeas del epilíton de los arroyos del campus Utopía- Universidad de La Salle en la Orinoquia colombiana.

2.2. Objetivos específicos

:

- Determinar taxonómicamente la composición de diatomeas del epilíton de los cuerpos de agua en tres periodos climáticos diferentes
- Registrar la variación de las variables físicas y químicas de los arroyos durante tres periodos climáticos diferentes.
- Analizar las relaciones entre la composición taxonómica del epilíton y las variables fisicoquímicas y ambientales de la zona de estudio.

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

En la zona hidrográfica del Orinoco encontramos un régimen de lluvias monomodal donde se presentan los caudales máximos entre junio y agosto y los caudales mínimos se registran entre los meses de enero y marzo (32). La zona de estudio tiene un promedio anual de lluvia de 2270mm, además, presenta una temporada seca entre diciembre y marzo y una temporada de lluvias entre abril y octubre (Figura 1). Su temperatura promedio es de 26.9 °C y la humedad relativa oscila entre 60% y 85% presentando los valores más altos en junio y julio (33).

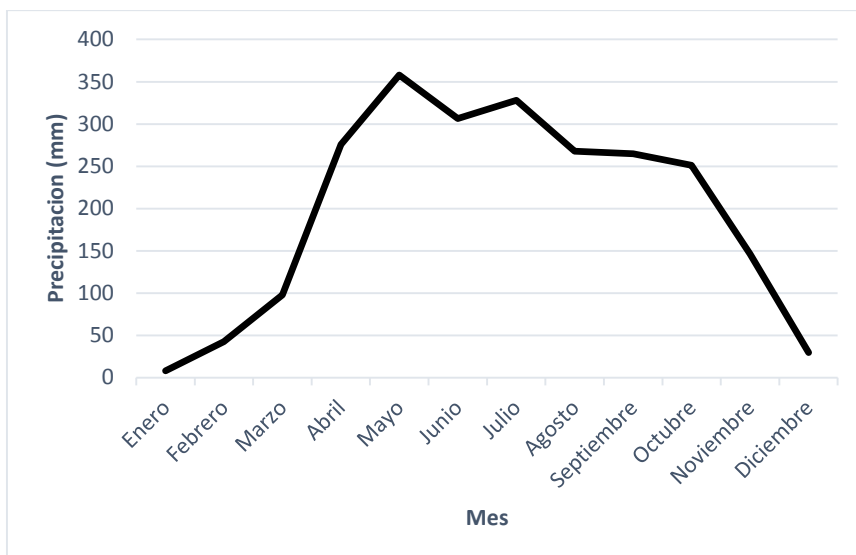


Figura 1. Datos históricos (1975-2016) de las precipitaciones registradas en la estación Aeropuerto, Yopal-Casanare. Datos suministrados por el IDEAM, 2017.

La Hacienda San José de Matepantano - Campus Utopía, en la que se desarrolló esta investigación, cuenta con una extensión de 1200 ha, está ubicada a 15 km de Yopal departamento de casanre en la Orinoquia de Colombia (5°19'N, 72°17'W) y esta bañada por los arroyos El Tiestal, El Güío y Las Flores, los cuales se ven rodeados por bosques de galería con dominio de palmas y que hacen parte de la cuenca de los ríos Cravo Sur.

3.2. Fase de campo

Para la toma de las muestras, se midió un transecto de 50m de longitud en cada uno de los siete puntos de muestreo (Figura 2) distribuidos a lo largo de los arroyos El Tiestal, El Güío y Las Flores. Estos puntos se evaluaron en temporada de aguas altas, medias y bajas en los meses de julio (2015), octubre (2015) y enero (2016), respectivamente.



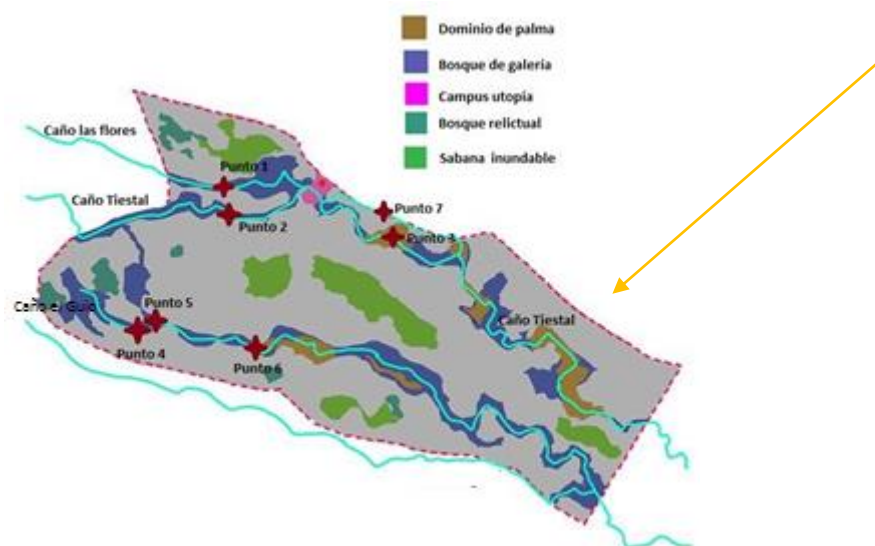


Figura 2. Mapa Campus Utopía (Modificado de: Briceño *et al.*, 2014). Puntos de muestreo: Punto 1, Caño Las Flores (CLF1); punto 2, Caño El Tiestal arriba (CET1); punto 3, Caño El Tiestal abajo (CET2); punto 4, Caño El Güío arriba 1 (CEG1); punto 5, Caño El Güío arriba 2 (CEG2); punto 6, Caño El Güío abajo (CEG3); punto 7, Caño Las Flores abajo (CLF2).

3.2.1. Descripción de los puntos de muestreo

A continuación, se describen las características más importantes de cada uno de los puntos de muestreo (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 galería dominado por poblaciones 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 Güío arriba 1. Este punto está asociado a macrofitas 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 Güío arriba 2. Es cercano a su punto anterior. Sin embargo, es el más estrecho, tiene una vegetación muy densa en sus orillas con pastos, árboles y otras pequeñas plantas. Hay un paso vehicular directo sobre su cauce.

Punto 6: Caño el Güío parte baja. Este punto presenta áreas arenosas y una densa cobertura vegetal principalmente de diferentes especies de palmas. Se encuentra cerca de 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 3. Puntos de muestreo del presente estudio. 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).

3.3. Determinación de las características Físicoquímicas del agua

Para realizar la caracterización fisicoquímica de los puntos de muestreo se tuvo en cuenta la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y el oxígeno disuelto (mg l^{-1}), los cuales se midieron con una sonda Hach HQ30. La conductividad ($\mu\text{S m}^{-1}$) y el pH fueron medidos con una sonda multiparamétrica (Eijkelcamp). También se calculó el caudal (m^3s^{-1}) con ayuda de un medidor global de flujo digital. Para el análisis de las propiedades químicas se tomó una muestra de agua y se preservó a 4°C para medir la cantidad de fosfatos (PO_4) y amonios (NH_4^+) por medio de la técnica de colorimetría (*Api freshwater master test kit*).

3.4. Recolección de muestras biológicas

La recolección de las muestras se realizó de acuerdo a la metodología reportada por Gómez *et al.* (24). Se tomaron muestras del epilíton realizando tres replicas

en el transecto (50m) de cada punto al inicio, en la parte media y al final. El material se recolectó de sustratos rocosos con ayuda de un perifitómetro de 4,9 cm². El material colectado fue depositado en viales de plástico y fijado con solución Transeau (11).

3.5. Identificación taxonómica

Para la fase de laboratorio, el material se determinó y contó bajo el microscopio por medio del montaje gota a gota. La identificación de los organismos se realizó con ayuda de las claves taxonómicas de Bellinger y Sigee (25), Streble y Krauter (26), Wehr y Sheath (27) y la Algae Database (28). Y luego de la identificación qué paso?????

3.6. 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 (29) y Graphpad Prism versión 5 (30). Por otro lado, se calculó la índices de diversidad de las algas utilizando el índice de Shannon y se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico para la similaridad de Morisita en los siete puntos de muestreo. Además, para determinar la presencia de diferencias significativas entre los lugares y las épocas de muestreo se realizó un ANOVA con ayuda del programa Past 3 (31). La ordenación de los datos se realizó por medio de un análisis de Redundancia con ayuda del programa CANOCO 4.5 (32). Los datos fueron transformados con Arcoseno hiperbólico inverso para su respectivo análisis.

4. RESULTADOS

4.1. Descripción fisicoquímica

Al realizar el ANOVA, la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, los nitratos y los fosfatos no tuvieron diferencias significativas entre los puntos y meses de muestreo. Sin embargo, la conductividad ($p < 0,01$; $F = 10,38$) tuvo valores que variaron mucho entre las diferentes épocas, siendo esta la única variable que presentó diferencias significativas durante los diferentes meses, con lo cual la conductividad difiere temporalmente. El Güío en su parte baja presentó la conductividad más alta en el mes de enero ($154 \mu\text{s cm}^{-1}$) y el valor más bajo lo tuvo El Güío en su parte alta en el mes de octubre ($9 \mu\text{s cm}^{-1}$).

El caudal ($p < 0,01$; $F = 2,98$) aunque al igual que las otras variables no tuvo diferencias significativas espacialmente, en términos temporales se evidencia una clara diferencia ($p < 0,01$; $F = 2,98$) entre los valores de los meses de enero y octubre (tabla 1). El caudal más alto lo tuvo El Güío en el punto 2 de su parte alta en el mes de Enero ($1,86 \text{ m}^3/\text{s}$), mientras que El Tiestal en la parte baja tuvo el caudal más bajo con un valor de cero en el mismo mes.

Tabla 1. Promedios de los valores de las variables fisicoquímicas medidas en el presente estudio, en los caños Las Flores, El Tiestal y El Güío en los tres meses de muestreo.

	Las Flores			El Güío			El Tiestal		
	Julio	Octubre	Enero	Julio	Octubre	Enero	Julio	Octubre	Enero
Temperatura (°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 ($\mu\text{S cm}^{-3}$)	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 ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	0,19	0,45	0,015	0,12	0,055	0,031	0,25	0,369	0,17

4.2. Descripción taxonómica

De acuerdo a la curva de acumulación de especies (Figura 4) y los estimadores Chao1, Jack 1 y Bootstrap se obtuvo el 87,5% de las especies durante los tres muestreos realizados.

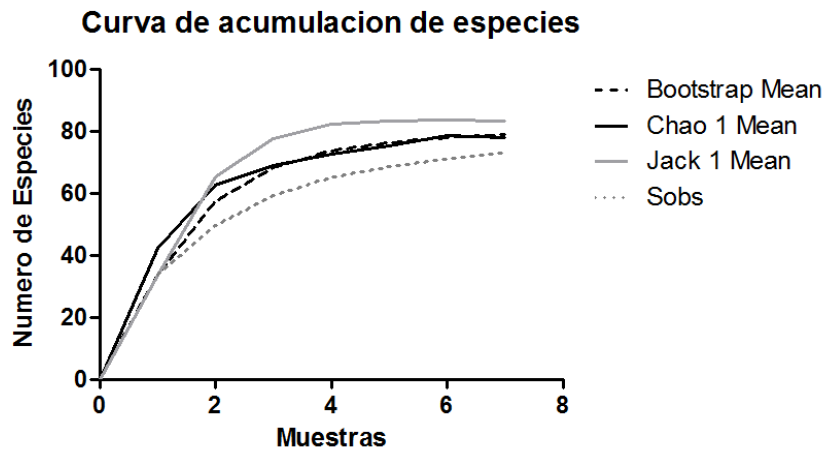


Figura 4. Curva de acumulación de especies de algas epiliticas del Campus Utopía, Yopal-Casanare.

Se encontraron en 73 morfoespecies correspondientes a 29 géneros y 73 morfotipos de algas distribuidos así: 44 pertenecen a la clase Bacillariophyceae, 11 pertenecen a la clase Fragilariophyceae, 3 pertenecen a la clase Cyanophyceae, 12 pertenecen a la clase Conjugatophyceae, 2 pertenece a la clase Coscinodiscophyceae y 1 a la clase Ulvophyceae (Tabla 2). En el mes de Julio, Cyanophyceae fue la clase dominante (Figura 5) por su alta abundancia en el punto El Tiestal arriba, con el 49% de la abundancia total del muestreo, mientras que en general, en los meses de Octubre (Figura 5) y Enero (Figura 5) las diatomeas (Bacillariophyceae) dominaron con el 80% y 93% respectivamente.

Tabla 2. Tabla de composición taxonómica de algas del campus Utopía recolectadas en el presente trabajo.

Clase	Orden	Género	Morfotipos
Bacillariophyceae	Naviculales	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp 1</i>
			<i>Navicula sp2</i>
			<i>Navicula sp 3</i>
			<i>Navicula sp 4</i>
			<i>Navicula sp 5</i>
		<i>Neidium</i>	<i>Neidium sp1</i>
		<i>Craticula</i>	<i>Craticula sp 1</i>
			<i>Craticula sp 2</i>
		<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia sp 1</i>
			<i>Pinnularia sp 2</i>

Clase	Orden	Género	Morfotipos
			<i>Pinnularia</i> sp 3
			<i>Pinnularia</i> sp 4
			<i>Pinnularia</i> sp 5
			<i>Pinnularia</i> sp 6
			<i>Pinnularia</i> sp 7
			<i>Pinnularia</i> sp 8
			<i>Pinnularia</i> sp 9
			<i>Pinnularia</i> sp 10
			<i>Pinnularia</i> sp 11
		<i>Frustulia</i>	<i>Frustulia</i> sp1
		<i>Sellaphora</i>	<i>Sellaphora</i> sp1
		<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma</i> sp 1
			<i>Gyrosigma</i> sp 2
			<i>Gyrosigma</i> sp 3
			<i>Gyrosigma</i> sp 4
		<i>Caloneis</i>	<i>Caloneis</i> sp1
		<i>Stauroneis</i>	<i>Stauroneis</i> sp 1
	Cymbellales	<i>Encyonema</i>	<i>Encyonema</i> sp 1
			<i>Encyonema</i> sp 2
		<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema</i> sp 1
			<i>Gomphonema</i> sp 2
	Bacillariales	<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia</i> sp1
		<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia</i> sp 1
			<i>Nitzschia</i> sp 2
			<i>Nitzschia</i> sp 3
			<i>Nitzschia</i> sp 4
			<i>Nitzschia</i> sp 5
			<i>Nitzschia</i> sp 6
			<i>Nitzschia</i> sp 7
			<i>Nitzschia</i> sp 8
	Surirellales	<i>Surirella</i>	<i>Surirella</i> sp1
			<i>Surirella</i> sp 2
			<i>Surirella</i> sp 3
			<i>Surirella</i> sp 5
Fragilariophyceae	Eunotiales	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia</i> sp 1
			<i>Eunotia</i> sp 2
			<i>Eunotia</i> sp 3
	Fragilariales	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma</i> sp 1
		<i>Synedra</i>	<i>Synedra</i> sp 1
			<i>Synedra</i> sp 2
			<i>Synedra</i> sp 3
			<i>Synedra</i> sp 4
		<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria</i> sp 1
			<i>Fragilaria</i> sp 2

Clase	Orden	Género	Morfotipos
			<i>Fragilaria sp 3</i>
Conjugatophyceae	Desmidiáles	<i>Closterium</i>	<i>Closterium sp 1</i> <i>Closterium sp 2</i> <i>Closterium sp 3</i> <i>Closterium sp 5</i> <i>Closterium sp 6</i>
		<i>Spondylosium</i>	<i>Spondylosium sp 1</i>
		<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium sp1</i> <i>Cosmarium sp2</i> <i>Cosmarium sp3</i>
		<i>Euastrum</i>	<i>Euastrum sp 1</i>
		<i>Xanthidium</i>	<i>Xanthidium sp1</i>
		<i>Pleurotaenium</i>	<i>Pleurotaenium sp1</i>
Coscinodiscophyceae	Melosirales	<i>Melosira</i>	<i>Melosira sp 1</i>
		<i>Hyalodiscus</i>	<i>Hyalodiscus sp1</i>
Ulvophyceae	Ulotrichales	<i>Ulothrix</i>	<i>Ulothrix sp 1</i>
Cyanophyceae	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria sp 1</i> <i>Oscillatoria sp2</i>
		<i>Cyanoficeae</i>	<i>Cyanoficeae sp1</i>

En la figura 5 se observa la proporción de las abundancias de cada clase en los tres muestreos. La clase Bacillariophyceae tuvo un aumento progresivo en cada época (julio 34%, Octubre 80%, Enero 93%), caso contrario a la clase Cyanophyceae cuya abundancia disminuyó (Julio 49%, Octubre 1%, Enero 2%). Las Fragilariophyceae mantuvieron su abundancia durante las tres épocas siendo el mes de julio el que registró el mayor valor con un 6% respecto a octubre y enero con el 4%.

En el mes de julio (aguas altas) se identificaron 22 géneros y 39 morfotipos de algas, siendo esta la época la que tuvo la menor abundancia y menor riqueza. En este mes la clase Cyanophyceae fue la más abundante y *Oscillatoria* el género con mayor número de individuos (Figura 6A). En el mes de octubre (aguas medias) se reportaron 9 órdenes, 25 géneros y 55 morfotipos lo que evidenció la mayor riqueza. La clase con la mayor abundancia en esta época fue Bacillariophyceae (Figura 5). *Pinnularia* fue el género más abundante seguido de *Surirella* y *Melosira* (Figura 6B).

El mes de enero (aguas bajas), presentó la mayor abundancia de algas. Se identificaron 11 Órdenes, 20 géneros y 43 morfotipos, distribuidos en 6 clases,

siendo las más abundante Bacillariophyceae y Fragilariophyceae. *Nitzschia* presento su abundancia más alta en relación a los demás muestreos realizados. Sin embargo, los géneros con mayores valores fueron *Pinnularia* y *Surirella* (Figura 6).

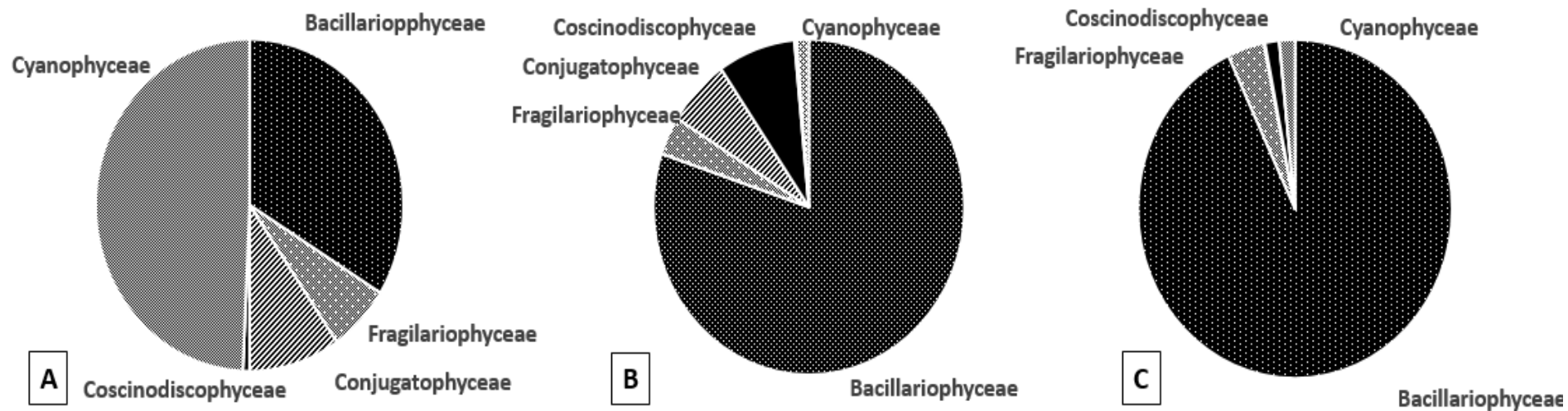


Figura 5. Abundancia de las clases de algas epiliticas de los caños del Campus Utopía en cada uno de los meses de muestreo. A. julio (aguas altas), B. octubre (Aguas medias), C. enero (aguas bajas).

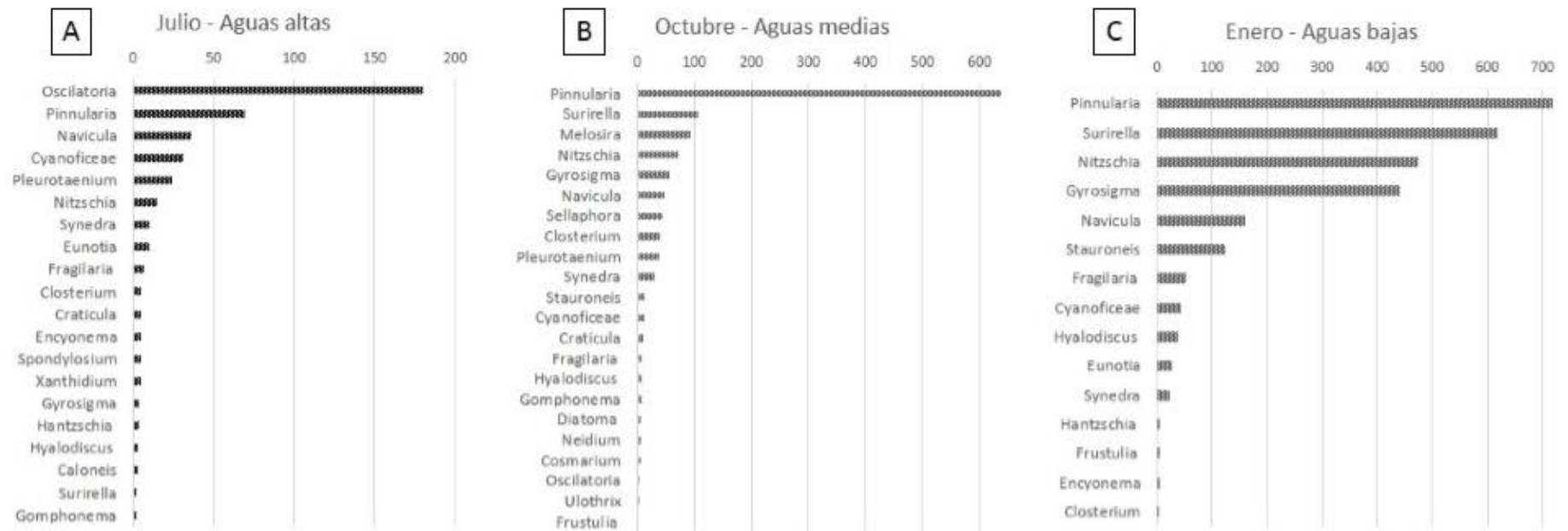


Figura 6. Abundancias de los géneros de algas del campus Utopía en cada una de las épocas de muestreo. Los géneros con abundancias menores a 2 no se mostraron en la gráfica. A. Abundancias de los géneros en el mes de Julio B. Abundancias de los géneros en el mes de Octubre C. Abundancias de los géneros en el mes de Enero

En cuanto a los puntos de muestreo el caño El Tiestal arriba, en el mes octubre, registró el mayor número de géneros, en contraste con el caño El Güío arriba 2, que en el mismo mes, no registro ningún organismo (figura 7). Los puntos Las Flores abajo y El Güío abajo tuvieron el menor número de géneros en los meses de julio y octubre, respectivamente (figura 7).

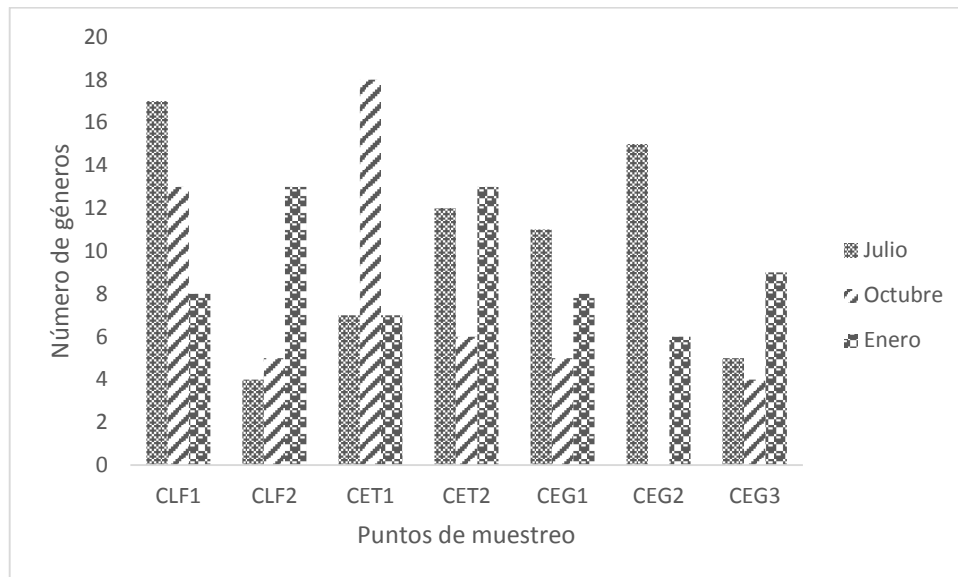


Figura 7. Número de géneros de algas epiliticas observados en el presente estudio. Puntos de muestreo: Punto 1, Caño Las Flores (CLF1); punto 2, Caño El Tiestal arriba (CET1); punto 3, Caño El Tiestal abajo (CET2); punto 4, Caño El Güío arriba 1(CEG1); punto 5, Caño El Güío arriba 2 (CEG2); punto 6, Caño El Güío abajo (CEG3); punto 7, Caño Las Flores abajo (CLF2).

El mes de enero fue la época en la que se registraron las mayores abundancias por género, seguido del mes de octubre (excepto en el caño El Guío) y finalmente en Julio se registraron los valores más bajos (Figura 8).

En términos generales, el caño Las Flores presentó la mayor abundancia de individuos en el mes de enero (Figura 8), dominando los géneros *Pinnularia* y *Surirella*, mientras que el caño El Güío en el mes de octubre tuvo la menor abundancia (Figura 8). Los caños Las Flores y El Tiestal evidencian una tendencia a aumentar la abundancia a medida que hay un cambio de aguas altas a bajas (Figura 8) a diferencia de estos caños, el Güío presenta una disminución de la abundancia en el mes de Octubre (Figura 8).

En el caño El Tiestal se identificaron el mayor número de morfotipos durante el mes de octubre con alta abundancia de *Gyrosigma*, *Pinnularia* y *Oscillatoria*, mientras que el más bajo número de morfotipos se presentó en el Caño El Güío durante el mismo mes, siendo *Nitzschia* el género más abundante.

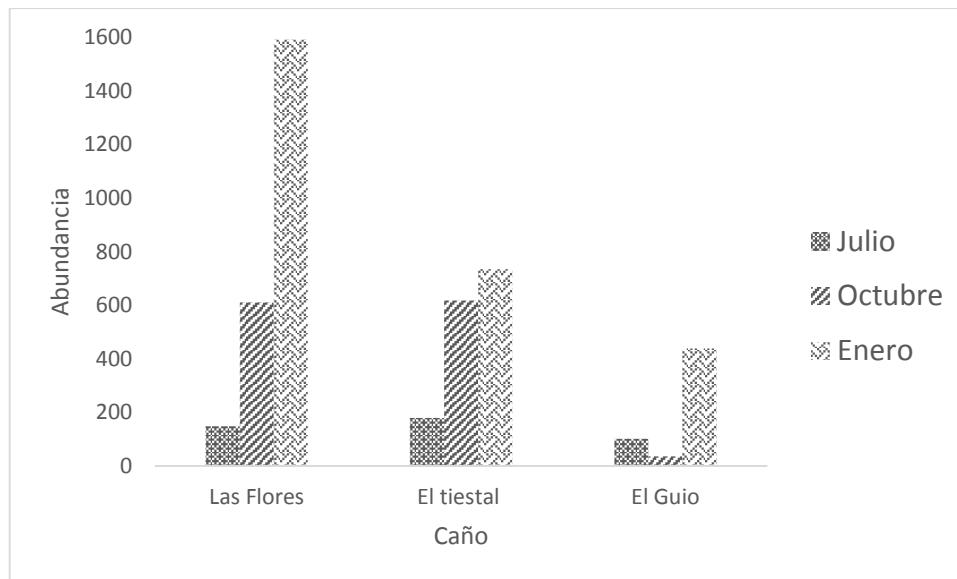


Figura 8. Abundancia de las algas reportadas en cada caño del Campus Utopía por época de muestreo.

Al realizar el grafico de agrupamiento entre los puntos de muestreo utilizando índice de Morisita se observa que hubo agrupamientos entre los puntos de muestreo de los mismos caños. Los puntos del Caño las Flores tanto en la parte alta (CLF1) como en la parte baja (CLF2) se agruparon presentando la menor similitud taxonómica con respecto a los otros puntos de muestreo, compartiendo alrededor del 27% de los morfotipos, mientras que la más alta similitud, con un valor del 90%, la presentan el caño El Güío 1 (CEG1) y El Güío3 (CEG3). Los puntos Caño El Tiestal 1 (CET1) y el Caño El Tiestal 2 (CET2) tienen valores de similitud aproximadamente del 50%.

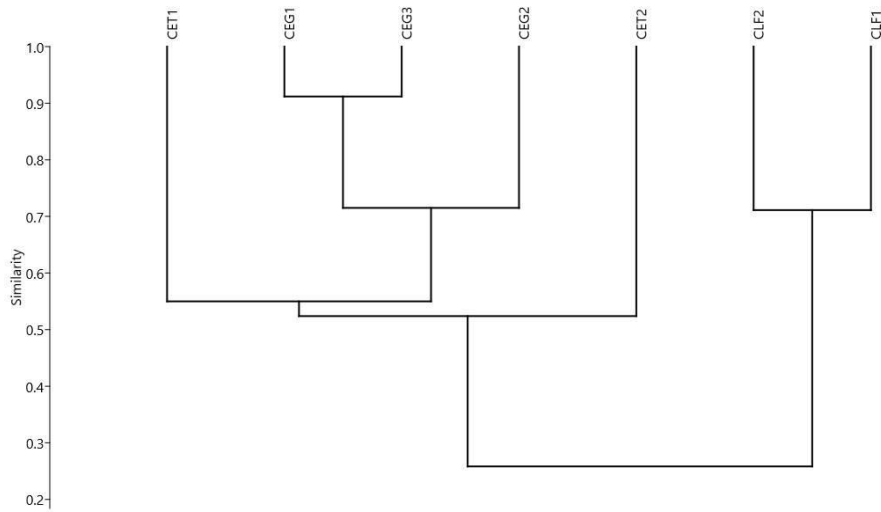


Figura 9. Dendrograma de análisis de agrupamiento jerárquico para similitud de Morisita de los morfotipos de algas en el Campus Utopía de los siete puntos de muestreo Caño El Tiestal arriba (CET1), Caño El Tiestal abajo (CET2), Caño Las Flores arriba (CLF1), Las Flores abajo (CLF2), Caño El Güío arriba (CEG1 y CEG2), Caño el Güío abajo (CEG3)

En el mes de octubre se registraron los mayores valores de diversidad se en el Caño El Tiestal en su parte alta (Figura 10-octubre). El valor más bajo de diversidad se presentó en el Caño El Güío arriba 2 en el mismo mes. Los meses de julio y octubre presentaron diferencias en los valores de diversidad, mientras que, el mes de enero fue la época en la que se evidencio menor fluctuación de la diversidad (Figura 10-enero). El ANOVA determinó que los puntos Las Flores abajo y El Güío abajo presentaron diferencias significativas con respecto a la diversidad de los demás caños ($P < 0,005$).

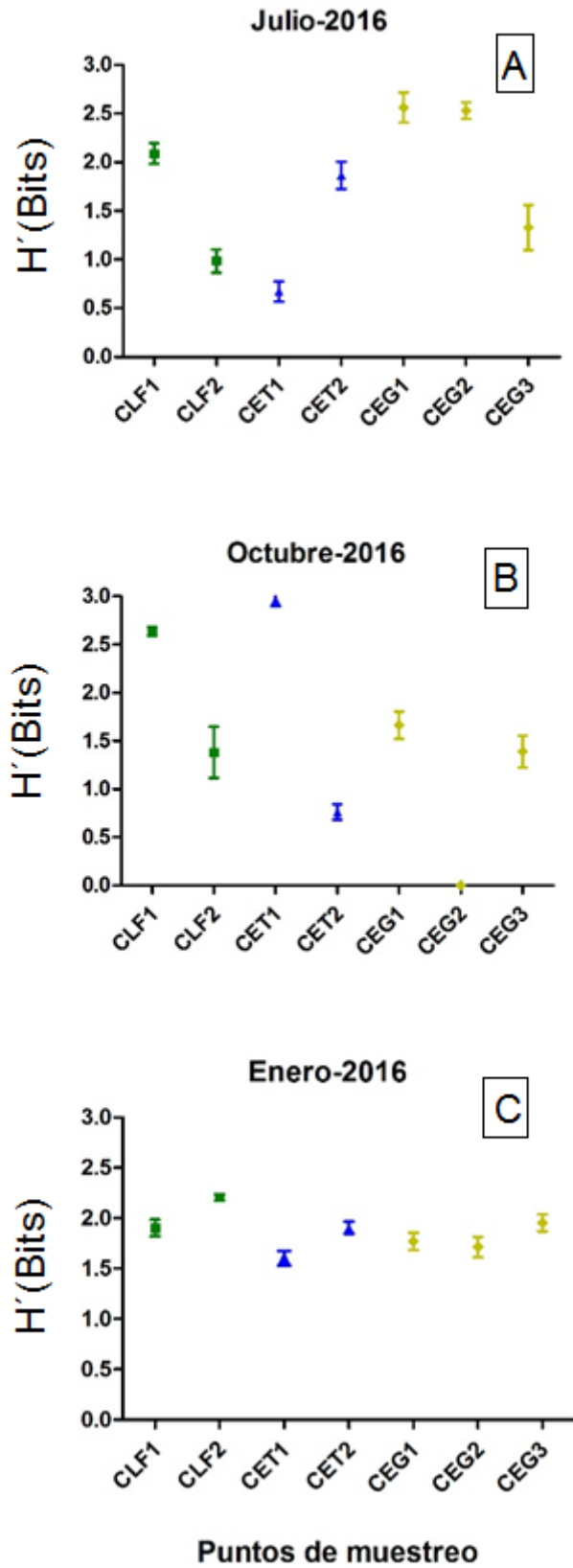


Figura 10. Diversidad de Shannon para los siete puntos de muestreo. Caño El Tiestal arriba (CET1), Caño El Tiestal abajo (CET2), Caño Las Flores arriba (CLF1), Las Flores abajo (CLF2), Caño El Güío arriba (CEG1 y CEG2), Caño el Güío abajo (CEG3).

El RDA muestra la relación de los organismos con las variables que mejor explicaron la distribución de los datos, para ello se usaron los morfotipos con una frecuencia mayor al 3%. En este análisis el primer eje explica el 46,2% de la variación de los datos, mientras que el segundo eje explica el 83,6%. Las variables que se escogieron para explicar la distribución de los organismos fueron: Temperatura, oxígeno disuelto, caudal, PO_4^- y NH_4^+ .

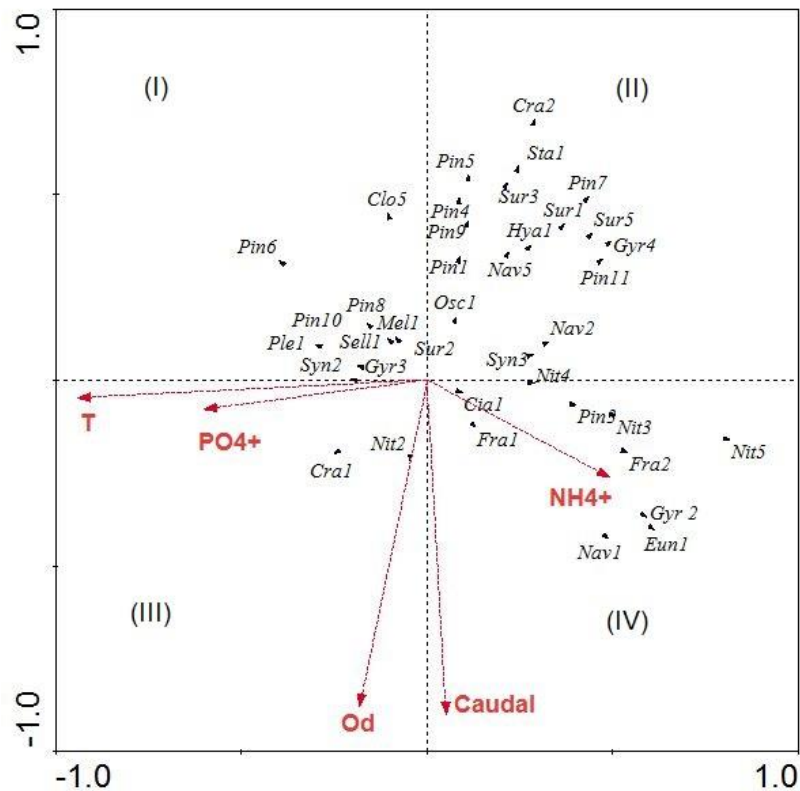


Figura 11. RDA de las algas perifíticas y las variables fisicoquímicas de tres arroyos en el Campus Utopía, Yopal-Casanare.

Nav- *Navicula*

Cal - *Caloneis*

Sta – *Stauroneis*

Cra- *Craticula*

Nit – *Nitzschia*

Osc – *Oscillatoria*

Nei-*Neidum*

Sur – *Surirella*

Cia – *Cyanoficeae*

Fru-*Frustulia*

Eun - *Eunotia*

Hya – *Hyalodiscus*

Pin- *Pinnularia*

Syn – *Synedra*

Sell – *Sellaphora*

Fra – *Fragilaria*

Gyr – *Gyrosigma*

Mel – *Melosira*

El primer grupo (I) incluye morfotipos de los géneros *Pinnularia*, *Sellaphora*, *Mellosira*, *Gyrosigma*, *Synedra* y *Pleurotaenium*, este grupo está asociado a bajos niveles de amonio y se correlaciona con la temperatura y el fosfato. El segundo grupo (II) en el cual encontramos *Craticula*, *Stauroneis*, *Pinnularia*, *Surirela*, *Navicula*, *Gyrosigma*, *Oscillatoria*, *Nitzschia*, *Synedra* y *Hyalodiscus*, se correlaciona con bajos valores de oxígeno disuelto, caudal, temperatura y fosfatos. El tercer grupo (III) compuesto por solo 2 morfotipos de los generos *Craticula* y *Nitzschia*, se relaciona con todas las variables menos con el NH_4^+ . El cuarto grupo (IV) se correlaciona con altos valores de amonio y caudal y de él hacen parte *Pinnularia*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Cyanoficeae*, *Gyrosigma*, *Navicula* y *Eunotia*.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la importancia de las características físicas y químicas de los ecosistemas acuáticos en la formación de comunidades algales debemos resaltar la estrecha relación que estudios como el de Martínez y Donato (2003) (11) evidenciaron. Estos autores señalan que la estacionalidad climática e hidrológica y variables como el oxígeno, la conductividad, la temperatura del agua y materiales disueltos generan variaciones en el tamaño celular, los días de aparición y la morfología de las algas. Como se observó en los resultados, las variables fisicoquímicas no tuvieron gran variación entre las épocas de aguas altas, aguas medias y aguas bajas a excepción de la conductividad, la cual tuvo un comportamiento contrario a lo reportado por Donato y Galvis para ríos de las zonas de altillanura, presentando valores muy por encima de lo normal, mientras que variables como el pH y la temperatura tuvieron valores dentro del rango también reportado en el mismo estudio (2).

Los valores altos de conductividad que se observaron pueden ser debido a un estado de eutrofización de los caños por las escorrentías y aportes alóctonos de los bosques riparios a estos sistemas, resultado consecuente con lo que se observó en el estudio de Franco *et al.* (5) en el que las conductividades fueron bajas debido al estado oligotrófico de los arroyos. Aunque los sólidos disueltos no fueron tenidos en cuenta en este estudio, este es un factor que también puede afectar los valores de la conductividad.

Por otro lado, la temperatura aunque no tuvo valores significativos, fue un factor determinante en la distribución de las especies y al parecer afectó la oxigenación del agua (19). Además de la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y la radiación son variables que inciden en la producción primaria (35), la temperatura se ve afectada por la radiación y ésta a su vez por la presencia de la vegetación

riparia, situación que influye en la presencia de algas y su abundancia en los distintos puntos de muestreo.

Como se esperaba, de acuerdo con los resultados, teniendo en cuenta la hipótesis del disturbio intermedio y como lo observaron Martínez y Donato (2003) (11) la época de aguas medias en el mes de octubre presentó la más alta riqueza, pues en concordancia con la temporalidad en esta época se esperaba que la frecuencia e intensidad de los disturbios del ecosistema fueran menores permitiendo el aumento de estos valores (36); sin embargo, la abundancia fue más alta en el mes de enero, esto puede ser debido a que en esta época las condiciones como por ejemplo la reducción en los valores del caudal, son propicias para el crecimiento de las poblaciones de las especies dominantes (11). En los muestreos que tuvieron el caudal bajo como julio y enero se observó un aumento en la abundancia, pues la disminución en la velocidad de la corriente contribuye a que haya un mayor crecimiento algal ya que este factor junto con la temperatura es importante para dar estructura a las comunidades epilíticas (18), lo que puede explicar lo obtenido en el RDA donde se observa una asociación de la mayoría de los organismos a bajos valores de caudal.

La comunidad perifítica de aguas que vienen de la altillanura registran presencia de algas como *Gomphonema sp.* y *Navicula sp.* las cuales son bentónicas o *Pleurosigma sp.* y *Nitzschia sp.* las cuales son reofilicas (2) registros que también se evidenciaron en este estudio (Figura ¿??). Géneros como *Pinnularia* o *Frustulia* se encuentran en aguas con bajos niveles de conductividad y fosfatos, mientras que géneros como *Gyrosigma* y *Hantzschia* se encuentran en aguas con valores altos de estas variables (38). Aunque estos géneros fueron observados en este estudio no se evidenció asociación a valores particulares de estas variables. En el mes de enero se reportaron las mayores abundancias de *Nitzschia*, *Navicula* y *Surirella* géneros que es común encontrar en sitios con alta sedimentación y baja velocidad de la corriente (39). Estos géneros además presentan el mayor número de especies en el país (21) lo cual coincide con que estos fueron los que tuvieron la mayor cantidad de morfotipos en el presente estudio (Figura).

Como se mencionó anteriormente la hacienda Matepantano - Campus Utopía desarrolla actividades agrícolas y ganaderas, actividades como la fertilización en zonas cercanas a los arroyos aumentan las cantidades de N y P, aunque estos no se viertan de manera directa en ellos, por lo que en algunos puntos de muestreo como El Tiestal 2 y Las Flores 2 que se encuentran cerca a zonas de cultivos, se esperaba encontrar taxones como, *Navicula sp.*, *Oscillatoria sp.* y *Spyrogira sp.* los cuales fueron reportados por Moreno-Rodríguez *et al.* (12) como resistentes a ambientes contaminados con biocidas en esta región del país, resultado que comparado con este estudio coincide con la presencia de *Oscillatoria* en El Tiestal 2 el cual se encuentra cerca de cultivos de arroz y cacao,

cuyas escurrientías llegan a este caño alterando sus cantidades de N y P (12). Además de su resistencia, Montoya y Aguirre (37) resaltan que el grupo de las cianofíceas son generalistas y poseen un mayor rango de tolerancia a variaciones ambientales por lo que es normal encontrarlas en estos ambientes con cierto grado de contaminación.

La presencia del género *Surirella* en el Caño Las Flores abajo puede se debe a que además de las condiciones mencionadas anteriormente, este grupo al igual que *Nitzschia* y *Navicula* se caracteriza por crecer en aguas acidas y con gran cantidad de materia orgánica (39,40), lo que puede además indicar una baja calidad del agua (39). Contrario a lo que se esperaba, y a pesar de que los organismos del género *Nitzschia* poseen estructuras que les permiten adherirse al sustrato soportando mejor las perturbaciones del medio la abundancia de estos organismos fue mucho mayor en el mes de enero el cual tuvo los menores valores de caudal (41).

La diversidad en el caño El Tiestal en el mes de octubre varió mucho entre el punto de la zona alta y el punto de la zona baja, pues las características físicas y químicas de los puntos cambian notoriamente aun siendo el mismo cuerpo de agua, estos cambios pueden deberse a la extracción del recurso y la gran cantidad de materia orgánica que se acumula en la parte baja de este afluente producto de los aportes del bosque ripario que lo rodea.

En cuanto a la similaridad, como se esperaba, se formaron agrupaciones entre puntos de los mismos caños donde se destaca la alta similaridad entre los puntos muestreados en los mismos caños, lo que nos indica que estas algas presentan una alta asociación espacial, como lo reportado por Hernandez- Atilano *et al.* (42) en cuyo estudio se formaron agrupamientos no solo espacial sino temporalmente.

CONCLUSIONES

Finalmente, en este trabajo se registraron 73 morfotipos distribuidos en 29 géneros, ninguno se encontró en los 7 puntos de muestreo. Pocos géneros de diatomeas tuvieron altos valores de abundancia, siendo *Pinnularia* y *Surirella* los géneros dominantes en los meses de aguas medias y bajas y *Oscillatoria* el género dominante en aguas altas. Cada uno de los caños presenta características físicas, químicas y biológicas muy distintas, lo que puede ser consecuencia de intervenciones antropogénicas.

La temperatura y el oxígeno disuelto, fueron las variables que mejor modelaron la distribución de los organismos y aunque los cambios de los valores de los fisicoquímicos no tuvieron diferencias significativas el único género que se mantuvo con valores altos de abundancia en los tres muestreos fue *Pinnularia*.

Los datos que se tomaron no son suficientes para determinar la relación entre los organismos y las variables fisicoquímicas por lo que para próximos estudios se recomienda aumentar el número de muestreos. Es además muy importante continuar los estudios en la Orinoquía, pues esta región aún carece de mucha información sobre la taxonomía de organismos acuáticos.

REFERENCIAS

1. Elosegí, A. y Sabater, S. (Ed.).(2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España: Rubes Editorial.
2. Donato, J. y Galvis, G. (2008). Tipología de los ríos colombianos – aspectos generales-. En J. Donato (Ed) *Ecología de un río de montaña de los andes colombianos (Río Tota, Boyacá)*. (pp.27-51) Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
3. Correa, D. y Stevenson, P. (2010). Estructura y diversidad de bosques de galería en una sábana estacional de los llanos orientales colombianos (reserva tomo grande, vichada). *Orinoquia*, 14(1), 31-48.
4. Smucker, N., Detembeck, N. y Morrison, A. (2013). Diatom responses to watershed development and potential moderating effects of near-stream forest and wetland cover. *Freshwater Science*, 32(1),230–249
5. Franco, A., González, J., Montaña, S., Ulloa, S. (2012). Estudio regional de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la región de Carimagua, llanos orientales, meta, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
6. Richardson, J. y Danehy, R. (2007). A Synthesis of the Ecology of Headwater Streams and their Riparian Zones in Temperate Forests. *Forest Science*, 53(2)
7. Kiffney, P., Richardson, J. y Bull, J. (2003). Responses of periphyton and insects to experimental manipulation of riparian buffer width along forest streams. *Journal of applied ecology*, 40, 1060-1076.
8. England, L. y Rosemond, A. (2004). Small reductions in forest cover weaken terrestrial-aquatic linkages in headwater streams. *Freshwater Biology*, 49, 721–734
9. Taboada, M., Gultemirian, M., Martínez, S. y Tracanna, B. (2015). Ficoflora epilítica y variables ambientales del Arroyo Calimayo (Tucumán-Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50(4), 467-480

10. Hlúbíková, D., Novais, M., Dohet, A., Hoffman, L. y Ector, L. (2014). Effect of riparian vegetation on diatom assemblages in headwater streams under different land uses. *Science of the Total Environment*, 475, 234–247
11. Martínez, L., y Donato, J.. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de montaña tropical. *Caldasia*, 25, 337-354.
12. Moreno-Rodríguez, F., Caro, C., Pinilla, G. y Osorio, D. (2017). Estado actual sobre el conocimiento de microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. *Acta biol. Colomb.* 2017; 22(3):274-306.
13. Díaz, C. y Rivera, C.(2004).Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26 (2). 381-394.
14. Barber, H. & Haworth, E. (1981). A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera. Wareham, Dorset. Freshwater Biological Association.
15. Mora, D., Carmona, J. y Cantoral, E. (2015). Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 1024-1040.
16. Ortega, R., Hernández, M. y Reyna O..(2015). Atributos ecológicos de la microflora adherida en el lago Crater de Teremendo, Michoacán, México. *Biológicas*. 2015, 17(2): 15–23.
17. Díaz, C. y Rivera, C.(2004).Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26 (2). 381-394
18. Gaglioti P. (1992). Variación espacial y estacional en la estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas de un arroyo andino. Su relación con factores abióticos. *Ecología Austral*; 2: 77-86.
19. Segura, V., Salvador, J. y Ponce, J. (2016). Diversidad en comunidades de diatomeas epilíticas con relación a los parámetros fisicoquímicos en la cabecera del río Zinapécuaro, México. *Hidrobiológica*. 26 (2): 187-202
20. Sala, S., Plata, Y. y Pimienta, A. (2015). Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia I. *Caldasia*. Volumen 37(1), 125-141.
21. Montoya-Moreno, Y., Sala, S., Vouilloud, A., Aguirre, N., Plata-Díaz, Y. (2013). Lista de las diatomeas de ambientes continentales

- de Colombia. Biota Colombiana. Vol. 14, núm. 2, pp. 13-78.
22. Pinilla G. (1998). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria De Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
 23. Briceño Vanegas, G. A., Camacho Osman, A. y Rincón Valero, L. (2014). Integridad ecológica estructural del bosque de galería asociado a ecosistemas lóticos en la finca San José de Matadepantano, Yopal, Casanare. *Épsilon* (23), 139-159.
 24. Gómez, N., Donato, C. y Giorgi, A.. (2009). La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos. En S. Sabater y A. Elosegui (Ed.), *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* (pp. 219-242). Bilbao, España: BBVA.
 25. Bellinger, E. y Sigee, D..(2010). *Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators*. Great Britain. UK. John Wiley & Sons, Ltd.
 26. Streble, H. y Krauter, D.(1985). *Atlas de los microorganismos de agua dulce*. Barcelona. España. Ediciones Omega.
 27. Wehr, Robert G. Sheath (2003). *Freshwater algae of Nort America: Ecology and Classification*. Elsevier Inc
 28. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 07 December 2017.
 29. 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>.
 30. GraphPad Prism version 6.04 for Windows, GraphPad Software, La Jolla California USA
 31. Hammer O, D Harper & P Ryan (2001) PAST: paleontological statistics software for education and data analysis. *Paleontología Electronica* 4: 1-9.
 32. 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.
 33. IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015. 496 páginas.
 34. IDEAM (2014). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>.
 35. Mendoza, M., Quevedo, A., Bravo, A., Flores, H., De La Isla De Bauer, M., Gavi, F. y Zamora, B. (2014). Estado ecológico de ríos

y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*. Vol. 30.

36. Junca-Rodriguez, Victor Manuel. (2008). Acercamiento a la ecología de comunidades. Archivo Documental. División de Conservación Ecológica. Bogotá, Colombia. 1-19.
37. Montoya, Y., Aguirre, N.(2013). Estado del arte del conocimiento sobre el perifiton en Colombia. *Revista Gestion y Ambiente*, 16(3). 91-117.
38. Matyn Kelly (2000). Common Benthic diatoms in rivers. The AIDGAP Publications.
39. Janne Soinnien (2004). Benthic diatom community structure in boreal streams: Distribution patterns along environmental and spatial gradients. ResearchGate.
40. Sala, S., Ramírez, J., Vouilloud, A. & Plata, Y. (2013). *Surirella antioquiensis* sp. nov. and *S. rafaelii* sp. nov. (Bacillariophyta) from Colombia. *ACTA NOVA* (6), N° 1-2.
41. Zapata A. y Donato J. (2005). Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota – Colombia). *Limnetica*, 24(3-4): 327-338.
42. Hernandez-Atilano, E., Aguirre, N. y Palacio, J. (2005). Variación espacio-temporal de la estructura de la comunidad de algas perifíticas en la microcuenca de la quebrada la vega, municipio de san roque (Antioquia), Colombia. *Actual Biol* 27 (82): 67-77.