

Diversidad de Perifiton como indicador de calidad de agua en Caño Barandas, Reserva Natural El Diamante de las Aguas, Guaviare, Colombia

Perifiton diversity as an indicator of water quality in Caño Barandas, El Diamante de las Aguas Natural Reserve, Guaviare, Colombia

Nicolás Cajamarca-Tovar, *Laura Nicolle Gaona-Castro, Natalia Jimenez-Vargas, María Isabella Acosta-Salinas, Lorena Camargo-Cortes

¹ Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad El Bosque

Recibido: Octubre 28 de 2021

Aceptado: Diciembre 12 de 2021

*Correspondencia del autor: Nicolás Cajamarca-Tovar

E-mail: ncajamarca@unbosque.edu.co

<https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i33.243>

Resumen

Introducción. El perifiton se entiende como una comunidad compleja de microorganismos entre los cuales se encuentran principalmente organismos fotosintéticos y zooplancton adheridos a sustratos, su estudio permite conocer el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como el estado y ecología de las comunidades presentes.

Objetivo. Evaluar la calidad de agua a partir de la diversidad de perifiton del caño Barandas en la Reserva Natural El Diamante de Las Aguas, en el departamento de Guaviare. **Metodología.** se midieron las variables fisicoquímicas pH, oxígeno disuelto y temperatura en 5 estaciones a lo largo de 200 metros del cuerpo de agua, se tomaron muestras de perifiton sobrepuesto en superficies de roca, tronco y hojarasca, por medio de un raspado en el interior de un marco de 2x2 cm con 3 repeticiones; para la identificación de los organismos se observaron 25 alícuotas durante 5 minutos por alícuota; para evaluar la calidad de agua, se realizaron índices de diversidad de Shannon-Wiener, Simpson, Menhinick, análisis de correspondencia canónica y el índice biológico de contaminación (IBC).

Resultados. Se obtuvieron 465 registros, distribuidos en 82 géneros, los más representativos fueron *Campylodiscus* (5.81%), *Tribonema* (8.60%), *Ophyoctium* (10.75%) y *Microspora* (11.40%). El BCI arrojó como resultado 11,7 lo cual indica que es una zona de agua limpia. **Conclusión.** Las variables evaluadas presentaron una relación directa con las comunidades de perifiton encontradas en las estaciones. Los índices de diversidad mostraron que en este caño hay una alta diversidad en las comunidades de perifiton, lo cual indica una buena calidad de agua.

Palabras clave: Microorganismos, Fisicoquímicos, Estaciones, Monitoreo, Variables

Abstract

Introduction. The periphyton is understood as a complex community of microorganisms among which are mainly photosynthetic organisms and zooplankton adhered to substrates, its study allows to know the functioning of aquatic ecosystems, as well as the state and ecology of the communities present. **Objective.** To evaluate the water quality from the diversity of periphyton of Caño Barandas in the El Diamante de Las Aguas, Natural Reserve in the department of Guaviare. **Methodology.** The physicochemical variables pH, dissolved oxygen and temperature were measured in 5 stations along 200 meters in the water-body, followed by samples of the periphyton superimposed on rock surfaces, trunk and litter, by means of a scraping inside a 2x2 cm frame, with 3 repetitions, subsequently, for the identification of the organisms, 25 aliquots were observed for 5 minutes per aliquot. to evaluate the water quality. Shannon-Wiener, Simpson, Menhinick diversity indices, canonical correspondence analysis and the biological contamination index, **Results.** A total of 465 records were obtained, distributed in 82 genera, the most representative were *Campylopus* (5.81%), *Tribonema* (8.60%), *Ophyocium* (10.75%) and *Microspora* (11.40%). The latter gave 11.7 as a result, which indicates that it is a clean water area. **Conclusion.** The evaluated variables presented a direct relationship with the periphyton communities found in the stations. The diversity indices showed that in this area there is a high diversity in the periphyton communities, which indicates a good water quality.

Keywords: Microorganisms Physicochemical Stations, Monitoring, Variables

Introducción

Guaviare es un departamento que se caracteriza por su riqueza hídrica, está ubicado en la cuenca del Río Orinoco y conecta una red de caños, las dinámicas fluviales de esta región modifican las condiciones ecosistémicas de los cuerpos de agua, están marcadas por ciclos de inundación, esto cambia las características físicas y químicas de los caños y lagunas presentes, así como la composición de las comunidades biológicas (1). Por otro lado, esta región es reconocida porque su mayor ingreso económico proviene del sector agropecuario (2). Las actividades antropogénicas influyen en la calidad de agua de ecosistemas fluviales, es por esto, que se han venido desarrollando distintos métodos para evaluar la calidad, donde el monitoreo de diferentes variables y su relación con comunidades biológicas permite un análisis en conjunto (3).

El perifiton se define como una comunidad de microbiota que incluye detritos orgánicos e inorgánicos adheridos a un sustrato generalmente fijo, esta comunidad también es conocida como biofilm y cubre rocas, madera, partículas de sedimento u otras superficies en los cuerpos de agua lénticos y lóticos (4). Dentro de las comunidades bióticas acuáticas el perifiton juega un papel importante en diversos procesos como la transferencia de energía, materia e información a través de las redes tróficas, además las microalgas del perifiton son responsables de la fijación de carbono inorgánico y produc-

ción de materia orgánica que es aprovechada por otros organismos (5). El estudio de estas comunidades desde la perspectiva ecológica permite comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y desde el punto de vista ambiental su estructura y composición (6)

Esta comunidad biológica sirve como indicadores de la calidad de los cuerpos de agua y de procesos de contaminación que pueden afectar el ecosistema (6) ya que poseen algunas características como la imposibilidad de evadir la contaminación al estar adheridos a un sustrato fijo (4) y la capacidad de colonizar rápidamente después de haber sido perturbada por acción externa, por ejemplo, cambios en el flujo o calidad del agua (3). El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua de Caño Barandas a partir de la diversidad del perifiton.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el río Caño Barandas ubicado en la Reserva Natural El Diamante de las Aguas, en Guaviare, Colombia. Se establecieron 5 estaciones a lo largo de 200 metros (figura 1) En cada estación se tomaron las coordenadas, se midió la altitud, el caudal (tabla 1) y las variables fisicoquímicas temperatura (°C), pH y oxígeno disuelto (mg/L) por medio de los equipos portátiles GPS Garmin etrex 10, YSI modelo 55 y Multiparámetro PASCO pasport.

Tabla 1. Datos geográficos y físicos de las estaciones de monitoreo en Caño Barandas, Guaviare

Estación	Coordenadas	Altitud (msnm)	Caudal(m ³ /s)
1	2°29,441'N 72°38,114'W	230	0.128
2	2°29,465'N 72°38,103'W	237	0.198
3	2°29,519N 72°38,098'W	227	0.303
4	2°29,502'N 72°38,120'W	227	0.240
5	2°29,520'N 72°38,143'W	236	0.293

**Figura 1.** Ubicación de las estaciones de monitoreo en Caño Barandas, Guaviare.

Se seleccionaron los sustratos (roca, tronco y hojarasca) sumergidos en el cuerpo de agua, se retiraron, y con un marco de acetato (2x2cm) sobre la superficie, se realizó un raspado en el interior de este durante 2 minutos con 3 repeticiones en cada sustrato. Posteriormente en frascos herméticos y rotulados se depositó lo resultante del raspado con 3mL de agua y 5 gotas de alcohol etílico al 95%, para fijar las muestras. Finalmente, las muestras se transportaron a la Universidad El Bosque y fueron procesadas en el Laboratorio de Biología, en donde se realizó la observación de 25 alícuotas por muestra, el volumen de la alícuota era de 0.05 ml, cada una se observó durante 5 minutos realizando conteo y registro fotográfico de los organismos. La identificación taxonómica se realizó por medio de guías de identificación

(freshwater algae - identification and use as bioindicators y Altas de los microorganismos de agua dulce), y con el apoyo de las páginas algaebase.org y diatoms.org.

Con el fin de determinar la calidad de agua de caño Barandas, se calcularon los índices de diversidad:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Shannon-Wiener:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Simpson 1-D:

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Menhinick:

con ayuda del software IBM SPSS statistics v.26, al igual que el Análisis de Correspondencias canónicas (CCA) y el Índice biológico de contaminación (IBC) (5)

$$BIP = \frac{B}{A + B} \times 100$$

Donde **A** representa a los productores (organismos fotosintéticos) y **B** representa a los consumidores

Resultados

Las variables fisicoquímicas de temperatura y pH a lo largo del cuerpo de agua presentaron pequeños cambios, sin embargo, el oxígeno disuelto presentó cambios más amplios entre las estaciones de monitoreo.

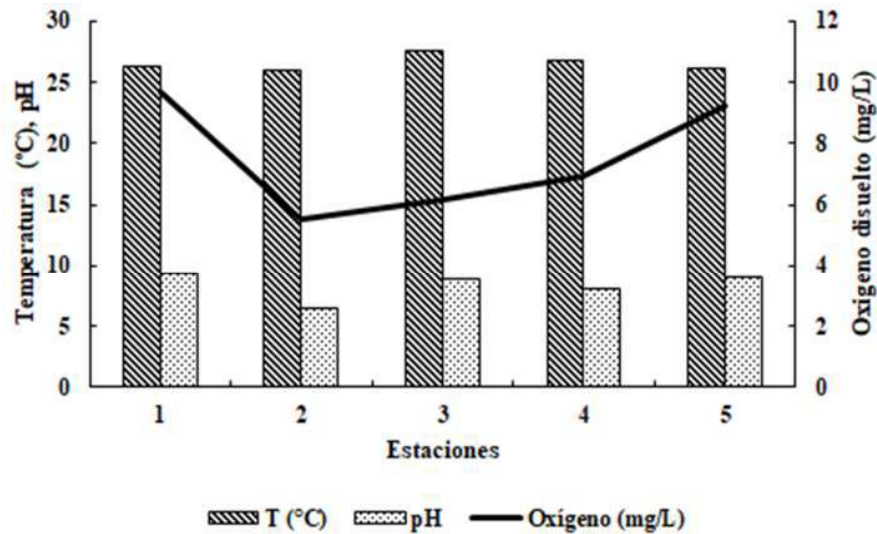


Figura 2. Variables fisicoquímicas de Oxígeno disuelto, pH y Temperatura para cada estación de Caño Barandas.

Se encontró que los niveles de oxígeno disuelto tuvieron una disminución en el punto 2 (5,54 mg/L) (figura 2) observándose de nuevo un incremento de los niveles en el oxígeno disuelto para las estaciones 3, 4 y 5. En cuanto a la temperatura se mantuvo entre 26,8°C (estación 2) y 27,6°C (estación 5). Por otro lado, al igual que el oxígeno disuelto el pH más bajo se registró en la estación 2 (8,6).

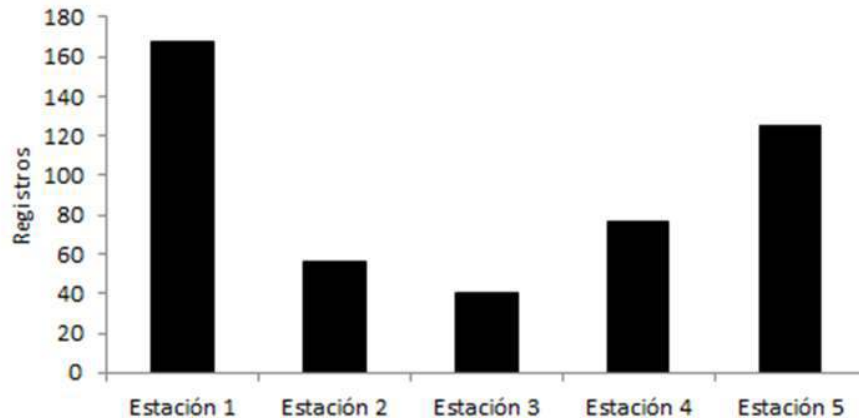


Figura 3. Registros totales por estación de monitoreo de Caño Barandas

En cuanto a los análisis de diversidad de la comunidad de perifiton presente en Caño Barandas se encontró un total de 82 géneros, teniendo un registro total de 465 individuos, en la estación 1 se registraron 167 individuos, en la estación 2 se registraron 56 individuos, en la estación 3 se registraron 40 individuos, en la estación 4 se registraron 77 individuos y en la estación 5 se registraron un total de 125 individuos (figura 3).

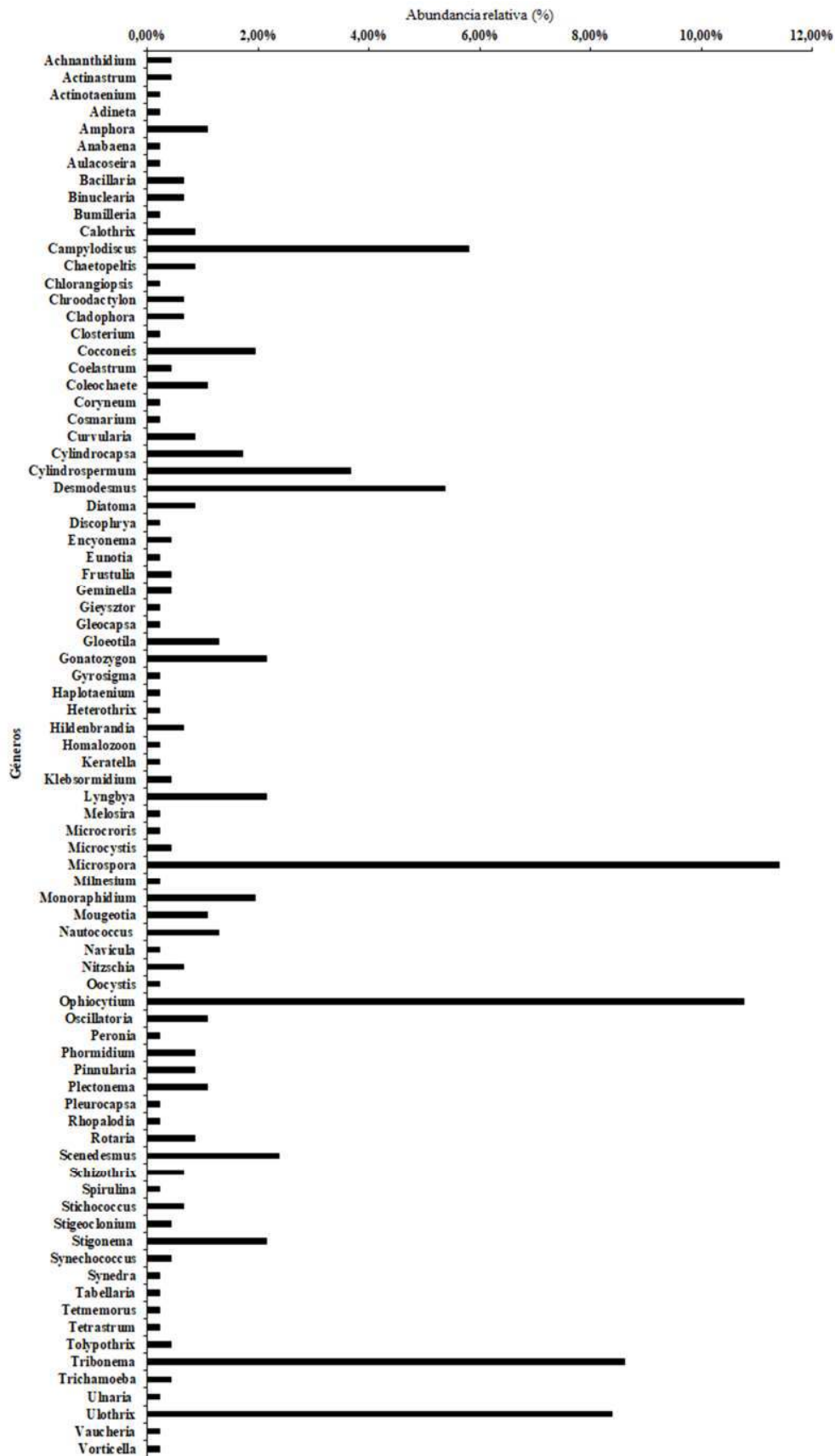


Figura 4. Abundancia relativa total de los géneros registrados en las 5 estaciones de monitoreo en Caño Barandas, Guaviare.

Entre los géneros más abundantes se encontró *Microspora* sp. (11,40%) y *Ophiocytium* sp. (10,75%) seguido de *Tribonema* sp. (8,60%) y *Ulothrix* (8,39%) (figura 4).

Los géneros más abundantes por estación de monitoreo fueron *Campylodiscus* sp. (16%) para la estación 1 (figura 5), estos organismos son reconocidos por encontrarse asociados a sistemas eutróficos. (10)

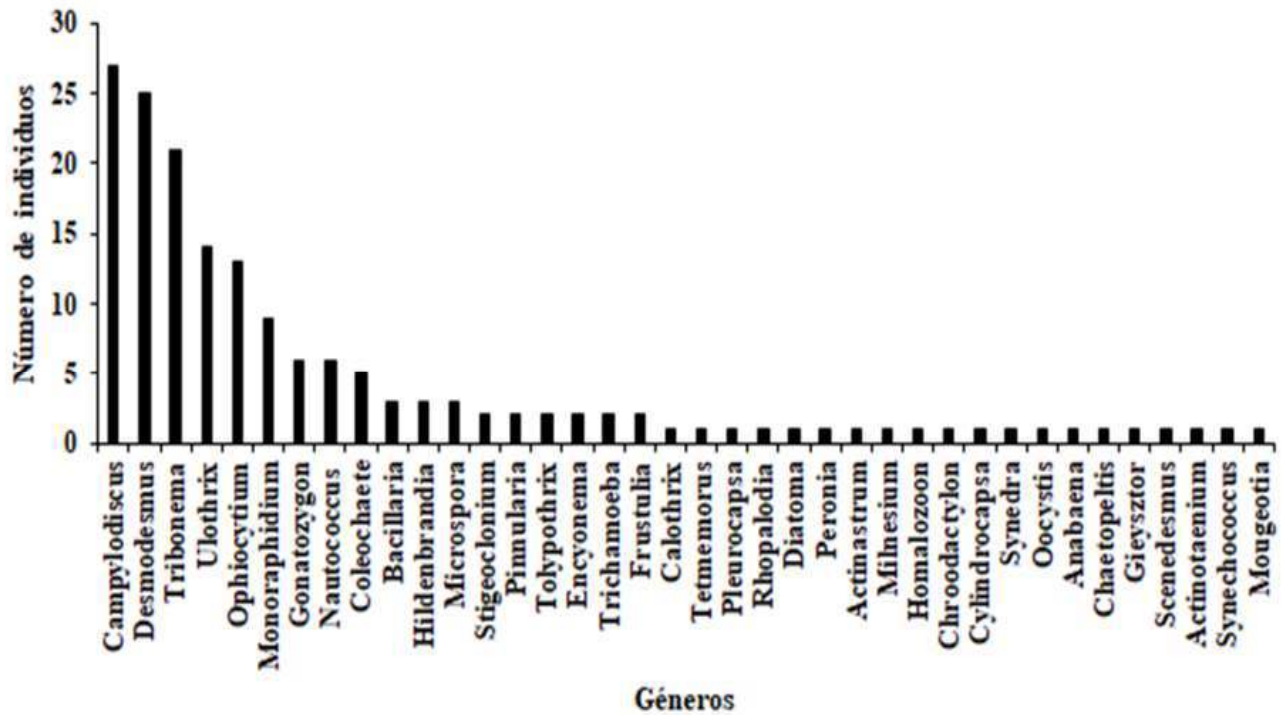


Figura 5. Géneros registrados en la estación 1 de Caño Barandas

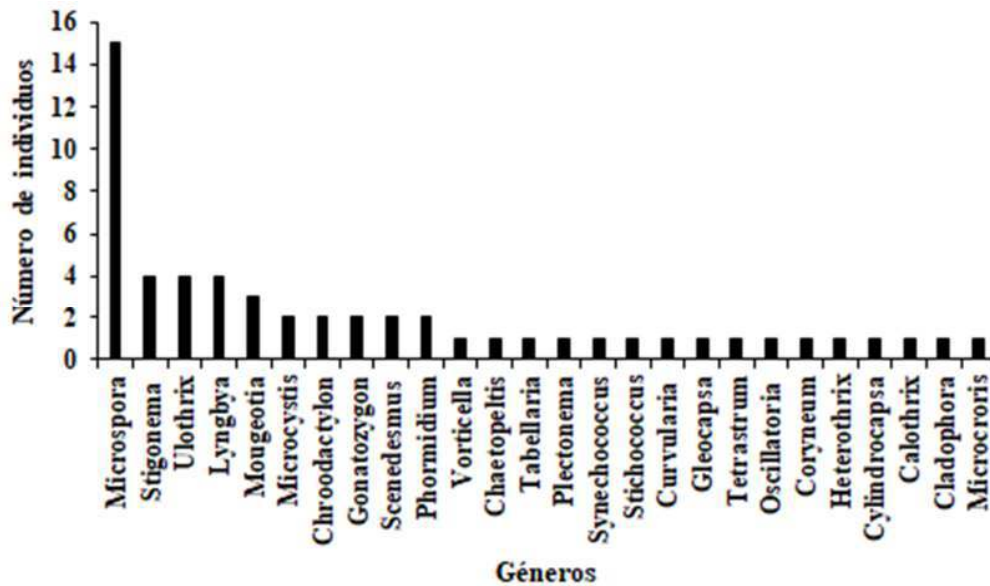


Figura 6. Géneros registrados en la estación 2 de Caño Barandas

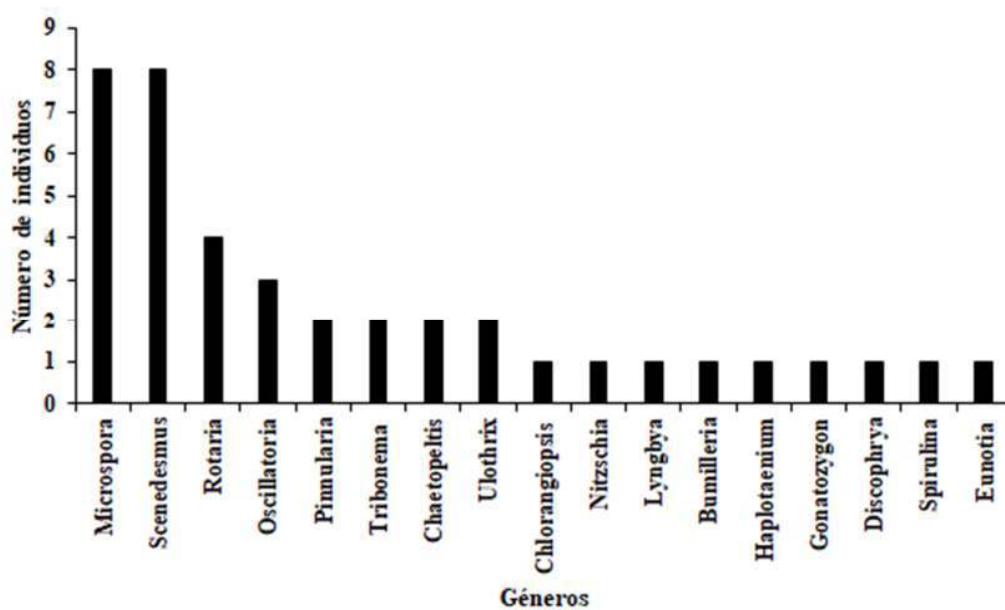


Figura 7. Géneros registrados en la estación 3 de Caño Barandas

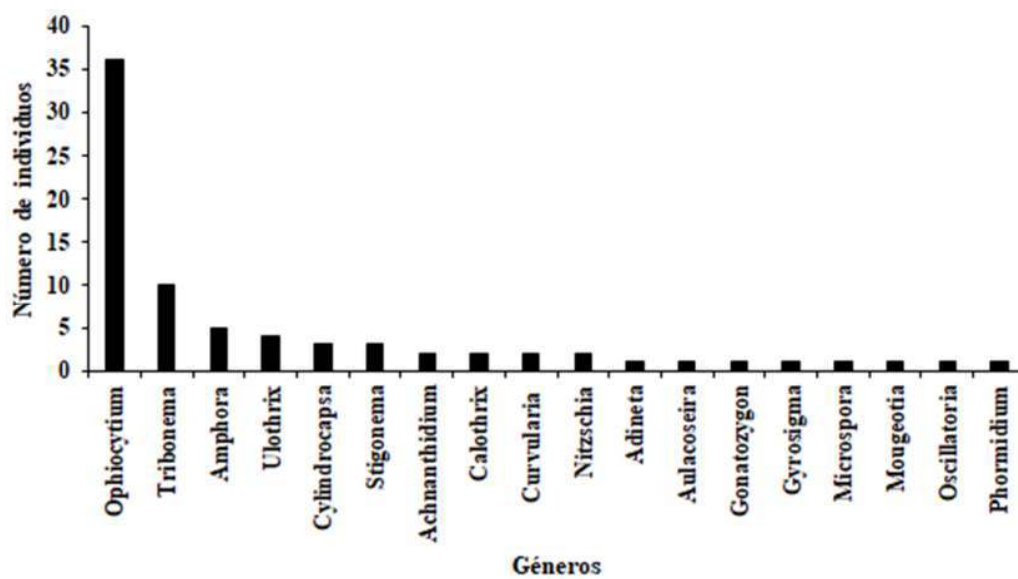


Figura 8. Géneros registrados en la estación 4 de Caño Barandas

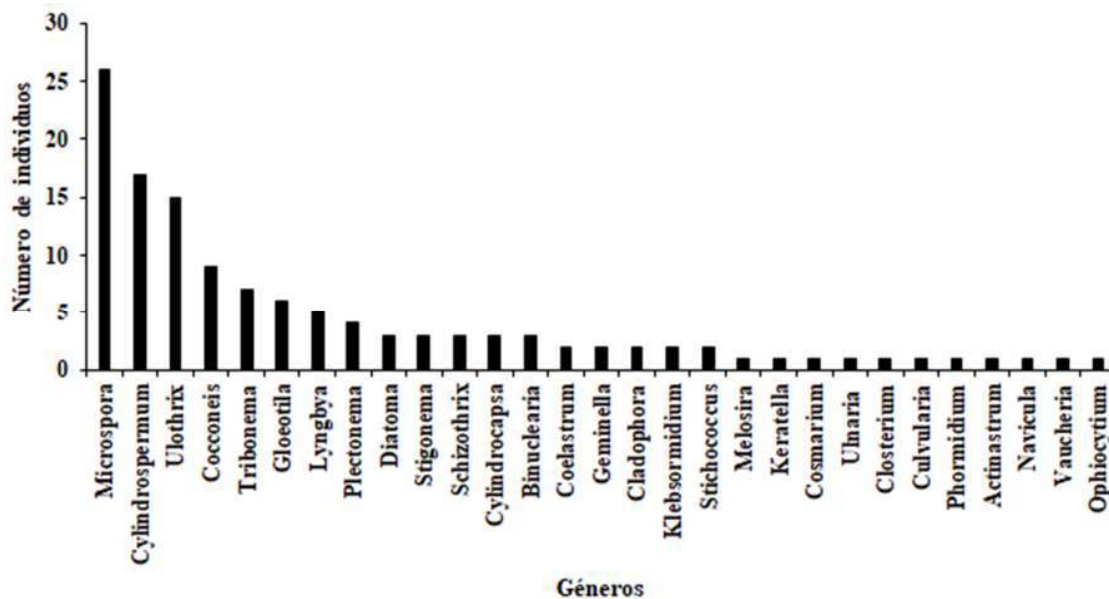


Figura 9. Géneros encontrados en la estación 5 de Caño Barandas

Para las estaciones 2, 3 y 5 el género más abundante fue *Microspora* (27%, 20%, 21% respectivamente) (figuras 6, 7 y 9), estos individuos son reconocidos por encontrarse en corrientes limpias y por lo general sus aguas son de origen oligotrófico (14), en Caño Barandas se podía observar que gracias a la época de lluvias presente al momento del monitoreo las condiciones tróficas del ecosistema eran de una baja productividad debido a la poca presencia de algas, lo cual pudo incentivar el desarrollo y colonización de *Microspora*. (14)

El género *Ophiocytium* fue el más abundante para la estación 4 (47%) (figura 8) estos organismos suelen encontrarse principalmente en ambientes ácidos a neutros y en aguas ferruginosas (15), en esta estación se pudo observar que el ambiente estaba principalmente colonizado por rocas que pudieron aportar altos niveles de hierro al agua, lo que influyó en el crecimiento y la proliferación del Género *Ophiocytium*.

Tabla 2. Índices de diversidad biológica por punto de muestreo en Caño Barandas

Estadístico	Punto de muestreo				
	1	2	3	4	5
Simpson_1-D	0,92	0,9052	0,9014	1,995	0,9089
Shannon_H	3,03	2,865	2,639	0,7434	2,831
Menhinick	36,57	25,37	18,45	18,09	28,57
IBC	2,38	1,79	12,50	1,30	2,40

El índice de diversidad Shannon, arrojó un valor de diversidad normal con valores entre 2 y 3 (11), a excepción de la estación 4, la cual obtuvo una diversidad menor a 1. El índice de Simpson, si tiende hacia uno indica menor diversidad (12), por lo tanto las estaciones 2, 3 y 5 son las más diversas en comparación con las estaciones 1 y 4. Menhinick reportó valores de alta diversidad (13) para todas las estaciones, el índice biológico de contaminación (IBC) arrojó valores que indican una buena calidad de agua siendo este valor entre 0,6 y 12 (7), únicamente la estación 3 presentó un valor que representa una zona de moderada descomposición que oscila entre 12 y 30 (7)

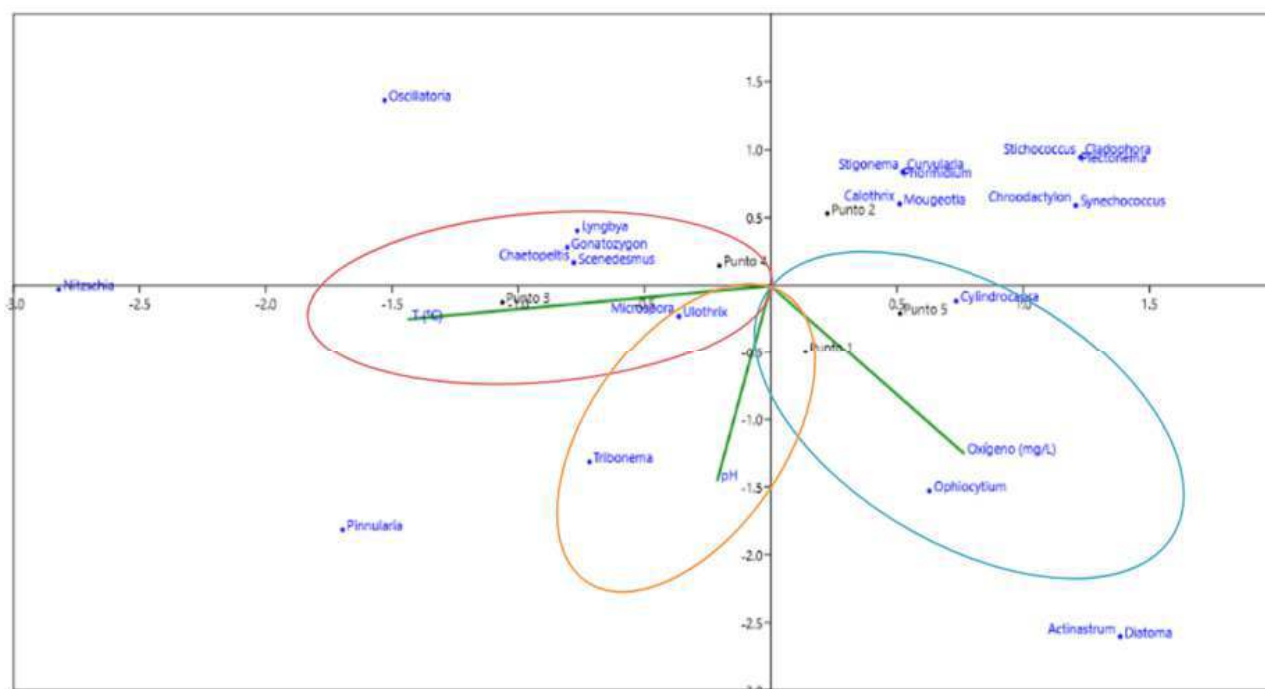


Figura 10. Análisis de correspondencia canónica (CCA)

En las estaciones 3 y 4 la variable de temperatura influyó directamente, siendo favorable para la presencia y desarrollo de los géneros *Microspora*, *Ulothrix*, *Scenedesmus*, *Lyngbya*, *Gonatozygon*, *Chaetopeltis*. Mientras que en las estaciones 1 y 5 influye directamente el oxígeno disuelto, determinando así la presencia de *Ophiocytium* y *Cylindrocapsa*, ya que, a mayor cantidad de oxígeno, mayor abundancia de estos géneros (15) (figura 10).

La composición de la comunidad de perifiton de Caño Baranda cambió en relación a variables fisicoquímicas, esto se refleja en el CCA. La variación del pH impactó directamente en la densidad del género *Tribonema*, el cual fue más abundante en pH básicos, superiores a ocho. El género *Ulothrix*, por el contrario, se relaciona inversamente con el pH donde los valores altos inhiben su crecimiento, reportando un óptimo crecimiento en valores neutros (16) (17).

Discusión

Autores como Arcos y colaboradores (6) reportan que los valores de oxígeno disuelto (6 a 10 mg/L) puede indicar altos niveles de materia orgánica en el agua que crean condiciones favorables para el desarrollo de los descomponedores, estos aumentan la demanda biológica de oxígeno disminuyendo así las concentraciones de oxígeno disuelto (8) como se pudo observar en las estaciones 2 y 3. Además de esto los cambios que se

presentan en la diversidad se deben a que las comunidades perifíticas responden a ciertas condiciones que determinan su distribución y abundancia como son los sustratos, el drenaje de los sistemas, la luz y la concentración de nutrientes

La zona de estudio posee fuertes lluvias (entre 250 y 350 mm) en los meses de abril y mayo según se ha descrito (18), que junto con el incremento del nivel hídrico generan un impacto negativo sobre la comunidad perifítica ya que el aumento del caudal, el exceso de crecimiento en el biofilm o el estrés químico genera el desprendimiento de la comunidad del sustrato (7), sin embargo, organismos con estructuras de fijación muestran gran abundancia en época de lluvia. Un ejemplo de esto fue la gran abundancia del género *Cylindrospermum* (estación 5) indicando alta supervivencia gracias a la facultad de generar estructuras de fijación, lo que les proporciona una mayor capacidad de adherencia a los diferentes sustratos, así como la aptitud de permanecer y recuperarse de las perturbaciones físicas (9), en contraste con los géneros que no generan este tipo de estructuras de fijación.

Como se puede observar en la figura 2, en la estación 2 se presentó una disminución importante de oxígeno y en menor medida de pH, esto también concuerda con lo reportado por Khan *et al.* en cuanto a la presencia de *Microspora* que prefiere las aguas corrientes limpias,

con pH neutros y temperaturas de hasta 20°C (14)

Se presentó una alta diversidad de microorganismos, esto concuerda con lo reportado por Alave Choque (7) donde indica que una alta diversidad de perifiton se puede traducir en una buena calidad del agua.

Según lo reportado por el análisis de correspondencia canónica (CCA) el pH modifica el crecimiento y la capacidad de reproducción de algunos géneros como *Ulothrix* y *Tribonema*. Los géneros *Cylindrocapsa* y *Ophyoctium* ven su presencia directamente influenciada por el oxígeno disuelto propio de las aguas corrientes (10), finalmente se puede observar que la temperatura fue la variable que más influyó directamente en la presencia y densidad de los géneros reportados para este estudio, como *Scenedesmus* cuyas especies son muy frecuentes en aguas tanto estancadas como corrientes y es sensible a la temperatura, por otro lado *Ulothrix* muestra una sensibilidad media a la temperatura sin embargo prefiere las aguas corrientes y limpias (10). Sin embargo, las variables incluidas en el CCA no explican la composición de la comunidad de perifiton en su totalidad, esto indica que existen otros factores ambientales que tienen influencia en las comunidades biológicas de Caño Barandas.

Según los valores reportados por Alave Choque (7) y

Palmer (19) el índice biológico de contaminación (BIP) entre 0.6 y 12, son considerados como “zona de agua limpia”, en cuatro de las cinco estaciones el índice arrojó valores entre 1 y 2.4 (tabla 2), sugiriendo así una buena calidad de agua, sin embargo, en la estación 3 el valor IBC fue de 12.5 lo que sugiere que es una zona de moderada descomposición, lo que podría explicar la alta presencia de *Scenedesmus*, al sugerir que hay una mayor cantidad de nutrientes para su crecimiento gracias a los procesos de moderada descomposición, así como una mayor abundancia de consumidores del género *Rotaria*.

Conclusiones

Las variables fisicoquímicas evaluadas en Caño Barandas presentaron una relación directa con las distintas comunidades de perifiton encontradas en las cinco estaciones de monitoreo siendo el pH y el oxígeno disuelto las variables que más influyen en el crecimiento de los organismos y por lo tanto en la composición de la comunidad.

Los índices de diversidad mostraron que en Caño Barandas hay una alta diversidad en las comunidades de perifiton, lo cual es complementado con el índice biológico de contaminación el cual muestra que en cuatro de las cinco estaciones de monitoreo hay una buena calidad de agua, lo cual es un factor para el desarrollo y crecimiento de dichas comunidades.

Referencias

1. Moreno A., Álvarez Zapata Y.L. Cardenas Mahecha, A., Castro Salamanca L.P., Delvalle Quevedo, J.D., Díaz Rodríguez, R. et al (2013) Estudio regional continental de zonas homogéneas en el Departamento del Guaviare, San José Del Guaviare. *Departamento de Biología*. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/12213>
2. Pérez Suárez, D. (2018). Análisis de la afectación antrópica a los bosques de galería de los caños El Retiro, La María y Aguabonita, en el área de influencia de San José del Guaviare. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2100&context=ing_ambiental_sanitaria
3. Y. Wu (2017). Indicators for monitoring aquatic ecosystem, *Periphyton*, Y. Wu, Ed. Nanjing, China, pp71-106.
4. Montoya Moreno, Y. y Aguirre, N. 2013. Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestión y Ambiente*. 16, 3 (sep. 2013), 91-117. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30155>
5. Rodríguez, F.M., Caro, C.I. C., Pinilla, G.A., & Osorio, D.P. (2017). Estado actual del conocimiento sobre microalgas del perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. *Acta Biolo Colomb*, 22(3), 274-306.
6. Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. y Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4): 69-79. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-474723>
7. Alave Choque, H. (2018). Evaluación del perifiton como indicador de calidad de agua en el embalse

- Cerro Blanco de la Empresa Prestadora de Servicios de Tacna. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3580>
8. Pizarro, H., & Alemanni, M.E. (2005). Variables físico-químicas del agua y su influencia en la biomasa del perifiton en un tramo inferior del Río Luján (Provincia de Buenos Aires). *Ecol austral*, 15(1), 073-088.
 9. Quiroz, H., Mora, M., Molina, I. y García, J. (2004). Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago Chapala, Jalisco, México. *Acta Universitaria*, 14(1), 47-57. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41614105.pdf>
 10. Streble, H., & Krauter, D. (1987). Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua (No. Sirsi) i9788428208000).
 11. Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8): 583-590.
 12. He, F., & Hu, X. S. (2005). Hubbell's fundamental biodiversity parameter and the Simpson diversity index. *Ecol Letters* 8(4): 386-390.
 13. Murphy, P.M. (1978). The temporal variability in biotic indices. *Environ. Pollut* (1970). 17(3): 227-236.
 14. Khan, H., Fiaz, M., Khan, S., Hussain, F., Shah, S. Z., Shah, M., et al. (2017). Taxonomic study of freshwater Green Algae in relation to water quality of Tehsil Landikotal, Khyber Agency, Pakistan. *Pure Appl Biol*, 6(4): 1328-1334.
 15. Chávez, V., Zariñana, L., Novelo, E., & Tavera, R. (2005). Variación morfológica de algunas especies de *Ophiocytium Nägeli* (Xantophyceae) de cuerpos de agua temporales del Estado de México. *Hidrobiológica*, 15(3), 311-320.
 16. Niyogi, D.K., McKnight, D.M., & Lewis Jr, W.M. (1999). Influences of water and substrate quality for periphyton in a montane stream affected by acid mine drainage. *Limnol Oceanogr.* 44(3part2), 804-809.
 17. Yan, F., Yuhong, W., Yihao, L., Hua, X., & Zhenbo, L. (2012). Feature of phytoplankton community and canonical correlation analysis with environmental factors in Xiaoqing River estuary in autumn. *Procedia Eng.* 37:19-24.
 18. IDEAM. (s.f). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. P. 28, disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91bae8c73fc>
 19. Palmer, C.M. (1977). Algae and water pollution. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=20013HX0.txt>