

**POTENCIAL DE LAS DIATOMIAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORAS DE
ALTERACIONES EN LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO CÁCERES**

**POTENTIAL OF EPILITHIC DIATOMS AS BIOINDICATORS OF WATER QUALITY
ALTERATIONS IN THE CACERES RIVER**

Nahomi Vidal Guardia

Ministerio de Educación, Centro Educativo Cristóbal Adán De Urriola. Panamá.

lovidal06@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-8060-5929>

Noemí León Correoso

Universidad de Panamá. Panamá

noemi.leon@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2113-5361>

Carlos Guerra Torres

Universidad de Panamá, Departamento de Botánica. Panamá

guerrcarlos@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5489-9216>

Luisa Collado Mariscal

Universidad de Panamá, Departamento de Genética y Biología Molecular. Panamá

lcollado.mariscal@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-5522-2633>

Autor de correspondencia: noemi.leon@up.ac.pa

Recepción: 31 de julio de 2024

Aprobación: 28 de septiembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n1.6070>

Resumen

Los ríos y arroyos son ecosistemas dinámicos donde los factores químicos y físicos fluctúan constantemente. Esta variabilidad hace necesario el estudio de indicadores biológicos como las diatomeas ya que proporcionan una evaluación más integral y precisa del estado del cuerpo de agua. A una profundidad de no más de 10 centímetros se recolectaron cinco rocas de aproximadamente el mismo tamaño en tres sitios a lo largo del Río Cáceres, se rasparon con un cepillo de cerdas firmes y con el líquido resultante se procedió a la oxidación, lavado y preparación del material para observaciones microscópicas. Se contabilizaron 832 valvas y se registran 17 géneros de diatomeas epilíticas, en donde los más abundantes fueron *Navicula* (26%), *Cocconeis* (20%), *Nitzschia* (17%) y *Gyrosigma* (17%). La riqueza de géneros por sitio es parecida, sin embargo, el sitio CADU y El Llano presentan mayor similitud, debido a la cercanía en ubicación y valores en los parámetros fisicoquímicos. El 62% de la variación en abundancia está relacionada con la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales en la parte alta del río. La abundancia del género *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Gyrosigma*, así como la baja presencia de otros géneros en los diferentes sitios sugiere que el Río Cáceres presenta contaminantes orgánicos, lo que está afectando las comunidades de diatomeas epilíticas y por ende la calidad de agua.

Palabras clave: bioindicador, calidad de agua, diatomea, epilíticas, Río Cáceres

Abstract

Rivers and streams are dynamic ecosystems where chemical and physical factors fluctuate constantly. This variability makes it necessary to study biological indicators such as diatoms to provide a more comprehensive and accurate assessment of the state of the water body. At a depth of no more than 10 centimeters, five rocks of approximately the same size were collected at three sites along the Cáceres River, scraped with a firm-bristled brush, and the resulting liquid was used to oxidize, wash, and prepare the material for microscopic observations. 832 valves were counted and 17 genera of epilithic diatoms were recorded, where the most abundant were *Navicula* (26%), *Cocconeis* (20%), *Nitzschia* (17%) and *Gyrosigma* (17%). The richness of genera per site is similar, however, the CADU site and El

Llano are more similar, due to their proximity in location and values in the physicochemical parameters. 62% of the variation in abundance is related to electrical conductivity and total dissolved solids in the upper part of the river. The abundance of the genera *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia* and *Gyrosigma*, as well as the low presence of other genera in the different sites suggests that the Cáceres River has organic contaminants, which is affecting the epilithic diatom communities and therefore the water quality.

Keywords: bioindicator, Cáceres River, diatom, epilithic, water quality.

INTRODUCCIÓN

Las aguas de los ríos experimentan un deterioro debido principalmente a su uso como receptor de los desechos generados en los centros poblados, las zonas industriales, las actividades agropecuarias, esorrentías, entre otras actividades antropogénicas (Quiroz *et al.*, 2017). El uso del agua para suplir las necesidades humanas ha ignorado la importancia de mantener agua de buena calidad para especies y ecosistemas (UNEP, 2021; Ritcher *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta que los ríos y arroyos son ecosistemas complejos en donde los factores químicos y físicos varían en escalas espaciales y temporales, resulta insuficiente caracterizar la calidad del agua teniendo sólo en cuenta estos parámetros. Al complementar estos análisis con indicadores biológicos se provee de una evaluación más completa de las condiciones medioambientales de estos sistemas (León *et al.*, 2013; Esquiús *et al.*, 2008).

Tradicionalmente, para evaluar la calidad del agua de los ríos se utilizaban como bioindicadores bacterias (Solís, 2021), los bosques de ribera, los análisis físicoquímicos y más recientes los macroinvertebrados (Sánchez, 2023; Quintero *et al.*, 2018). En el ámbito de países desarrollados, las diatomeas son utilizadas habitualmente como bioindicadores de la calidad del agua de los ríos (Taurozzi, Cesarini & Scalici, 2024; Soler *et al.*, 2012). No obstante, en nuestro país, existen pocos estudios sobre diatomeas epilíticas como sensores medioambientales (León *et al.*, 2013; Soler *et al.*, 201; Soler *et al.*, 2003 y Sánchez, 2004). Las diatomeas son consideradas valiosos indicadores ambientales porque responden rápidamente a factores tales como la temperatura, luz, velocidad de corriente, nutrientes, conductividad, polución orgánica e inorgánica, acidificación y herbívora (Piccardo A., 2020;

León *et al.*, 2013; Soler *et al.* 2012, Licursi *et al.*, 2006). Son las algas más abundantes en los ecosistemas fluviales y se encuentra tanto en ambientes marinos como continentales (Mora *et al.*, 2015) con una amplia distribución geográfica y gran capacidad de colonizar ambientes en condiciones extremas.

Las diatomeas epilíticas son sensibles a las alteraciones en su entorno sin morir ni acumular contaminantes, y cuentan con una rica historia ecológica que las convierte en bioindicadores eficaces para complementar las evaluaciones de calidad del agua (Taourozzi *et al.*, 2024; García *et al.*, 2017). En este contexto, el objetivo de esta investigación es explorar la relación entre la abundancia de diatomeas epilíticas y los parámetros fisicoquímicos del agua en el Río Cáceres, un ecosistema comprometido por la falta de un sistema de alcantarillado. De esta forma se evaluará el potencial de las diatomeas como indicadores sensibles de las alteraciones provocadas por la urbanización, donde la conexión directa de tanques sépticos y cañerías al río podría estar dejando una huella profunda en su equilibrio ecológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

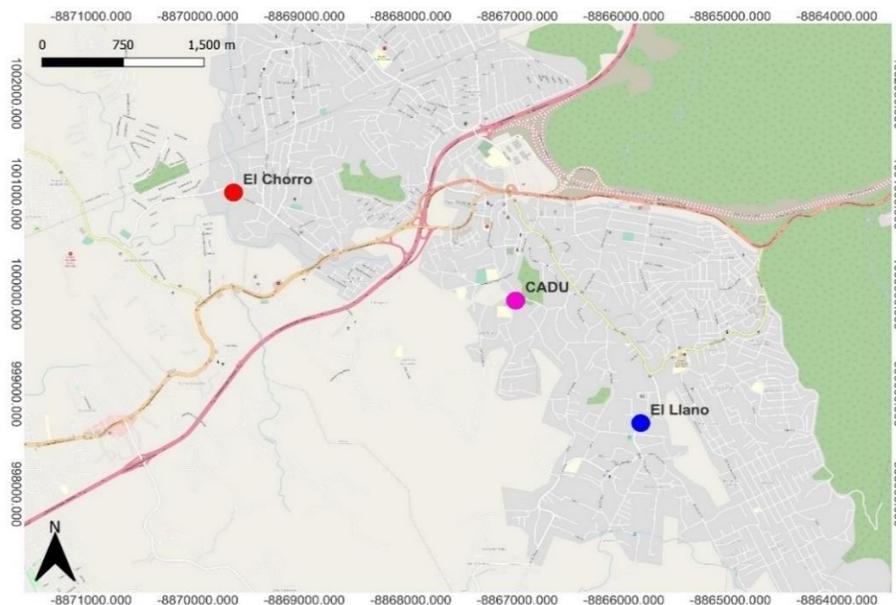
Área de estudio

El estudio se realizó en tres puntos del Río Cáceres, corregimiento de Arraiján Cabecera, distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste. Este cuerpo de agua es parte del río Aguacate, uno de los afluentes más importantes de la cuenta del río Caimito, tiene una extensión aproximada de 3,7 km y es parte del proyecto de Saneamiento del Distrito de Arraiján.

(ver figura 1).

Figura 1.

Ubicación de los tres sitios de muestreo en el Río Cáceres, Arraiján.



Muestras y preparación de la muestra

Se realizó un muestreo en tres sitios del río: CADU, El Llano y El Chorro, los cuales cubren aproximadamente 3,0 km de extensión del total del afluente. El muestreo se realizó en temporada seca (abril -mayo 2023) ya que las condiciones hidrológicas son más estables, lo que permite obtener datos más consistentes sobre la calidad del agua sin la influencia de lluvias que pueden alterar la concentración de contaminantes a causa del impacto antropogénico. Para la recolecta de diatomeas se tomaron cinco (5) piedras de aproximadamente el mismo tamaño en cada sitio de muestreo, a una profundidad aproximada de 10 centímetros. Cada piedra fue raspada con un cepillo de cerdas firmes sobre una bandeja de plástico. El material raspado se recolectó en botellas de vidrio, asegurando que el recipiente se lavara adecuadamente para recoger todo el raspado. Finalmente, se completó el volumen a 300 ml con agua destilada. Para mantener el material colectado fuera de putrefacción se fijaron las estructuras utilizando una solución de formalina al 10% y la preparación de la muestra se realizó siguiendo el método de peróxido de hidrógeno de Kelly *et al.*, (2001).

Identificación de diatomeas

Se utilizó un microscopio óptico con cámara digital incorporada y el software de fotografías Leica Application Suite X (LASX). Se fotografiaron las diatomeas y se identificaron utilizando claves taxonómicas para diatomeas y otras investigaciones relacionadas (Soler *et al.*, 2012, León *et al.*, 2012; Taylor *et al.*, 2007; Kelly, 2000; Rivera *et al.*, 1982).

Parámetros fisicoquímicos

Se midieron parámetros fisicoquímicos del agua como: temperatura, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y pH, utilizando un medidor multiparamétrico digital (Yinmik). Estos parámetros fueron seleccionados para este estudio por que permiten una visión inicial del estado fisicoquímico del río y sirven de base para otros estudios posteriores de mayor complejidad.

Análisis estadístico

Las diatomeas se clasificaron por géneros y se calculó la abundancia relativa utilizando la fórmula matemática: $(\text{número de diatomeas}/\text{cantidad total de géneros}) \times 100$. La normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba Shapiro-Wilk, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre la cantidad de géneros de diatomeas por sitio y se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) para correlacionar los géneros de diatomeas y los parámetros fisicoquímicos del agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sitios de muestreo presentaron características diversas (Tabla 1) y la medición de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos registraron variaciones entre sitios, en tanto que para el pH y la temperatura las diferencias en los valores son mínimas (Tabla 2).

Tabla 1.

Características de los sitios de muestreo en el Río Cáceres.

#	SITIO	COORDENADAS	DESCRIPCIÓN
1	CADU	8.9459661 -79.653752	Contaminación antropogénica: botellas de plásticos, envoltorios de golosinas, galletas etc. (Figura 2.a). Vegetación compuesta por árboles frutales (mango, mamoncillo), vegetación ribereña. Algunas ramas de árboles caídos (Figura 2b.)
2	El Llano	8.93512300 -79.6432025	Contaminación por cañería (figura 2c.). Vegetación compuesta por: palma real, árboles maderables, hierbas, bambú y árboles frutales (mango, marañón) (Figura 2.d, e).
3	El Chorro	8.955531 -79.677542	Sin contaminación notable, vegetación compuesta por árboles maderables y frutales, área residencial y fincas con actividad agropecuaria al otro lado del río (Fig 2f.)

Tabla 2.

Parámetros fisicoquímicos del agua en tres sitios del Río Cáceres

Parámetro	Sitios		
	C.A.D.U	El Llano	El Chorro
Conductividad eléctrica	610	561	309
Us/cm			
Sólidos totales disueltos (TDS)	305	280	154
pH	7,15	7,23	7,58
Temperatura (°C)	29,3	29,5	30,2

Se contabilizaron e identificaron en total 518 valvas, a nivel de género, 190 para el sitio CADU, 157 para el Llano y 171 para El Chorro; el resto no se pudo identificar por el mal

estado de su estructura (incompletas o fragmentadas). Se identificaron 17 géneros (Figura 2.), en donde, según su porcentaje de abundancia relativa cuatro se consideran abundantes (16,0-30,0%) y el resto raro (0,1-5,0%). Los géneros abundantes fueron *Navicula* (26%) (Figura 2.B.), *Cocconeis* (20%) (Figura 2. J,M), *Nitzschia* (17%) (Figura 2.L) y *Gyrosigma* (17%) (Figura 2.A). El sitio con mayor riqueza fue el Chorro, seguido del sitio CADU y con menor riqueza El Llano (Figura 3.), sin embargo, el análisis ANOVA nos indica que no existen diferencias significativas entre la riqueza de géneros por sitios ($F=14.86$, $p=0.9422$).

Figura 2.

Diatomeas epilíticas del Río Cáceres: A) Gyrosigma, B) Navicula, C) Eunotia, D) Luticola, E) Suriella, F) Pinnularia, G) Cavoneis, H,I) Gomphonema, J,M) Cocconeis, K) Cymbella, L) Nitzschia, N) Diploneis, O) Hantzchia, P) Cyclotella, Q) Amphora, R) Geissleria, S) Ephitemia.

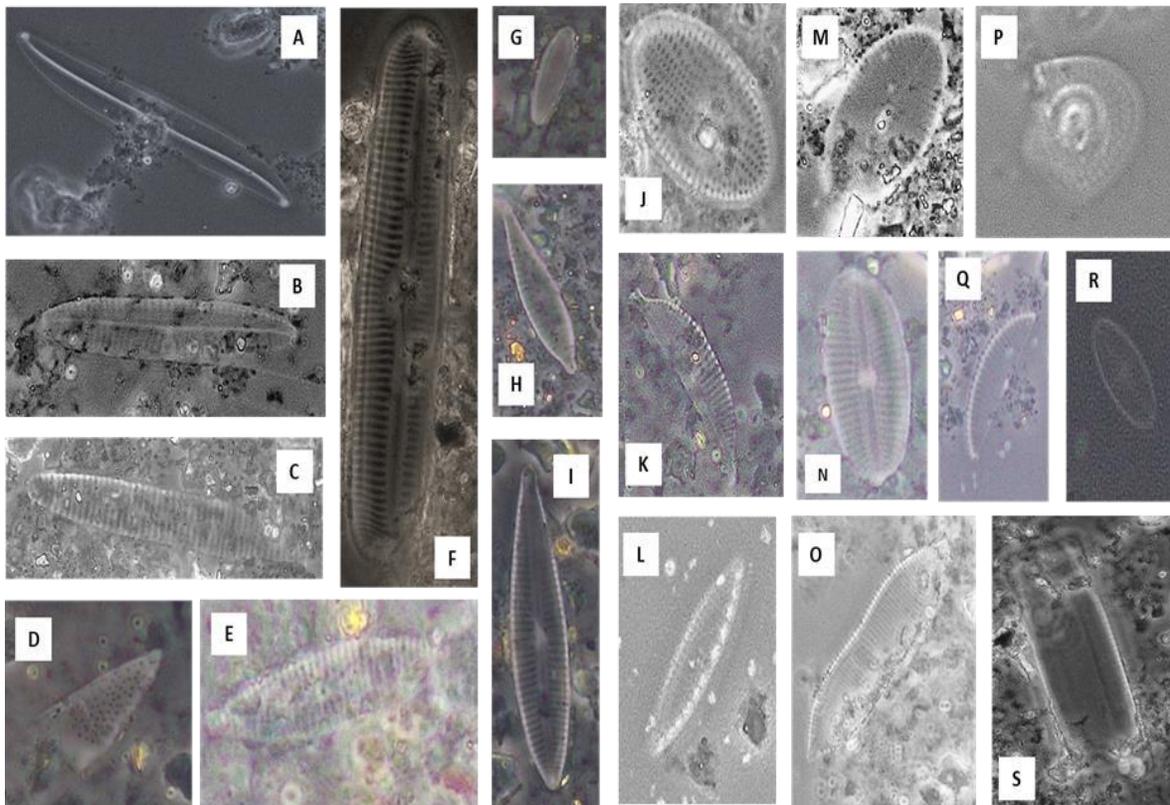




Figura 3.

Análisis de varianza para la riqueza de géneros de diatomeas epilíticas por sitio de muestreo.

CADU= Predios del Centro Educativo Cristóbal Adán De Urriola, ELL=El Llano y ECH=El Chorro.

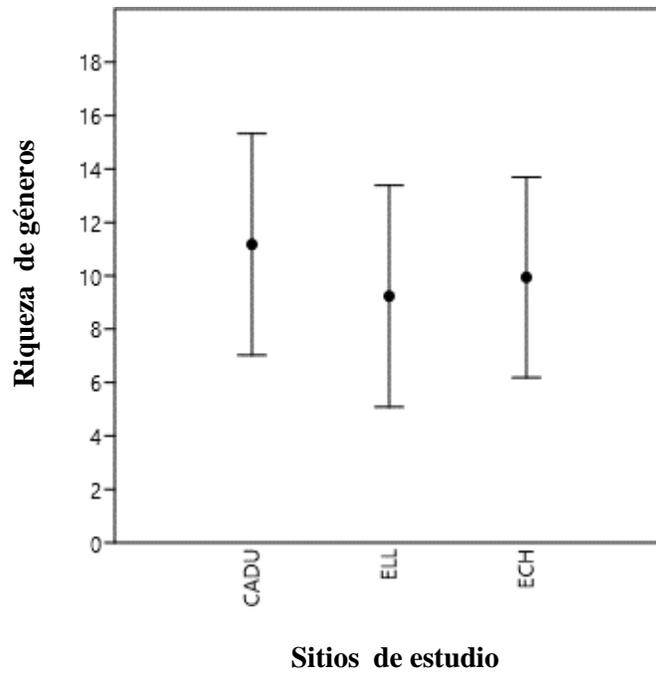
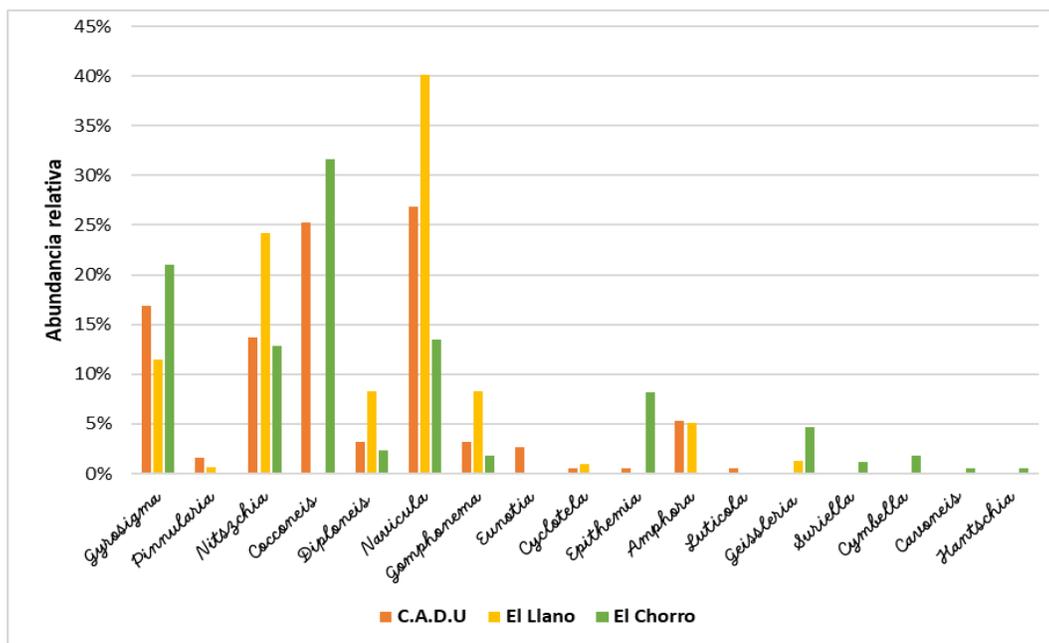


Figura 4.

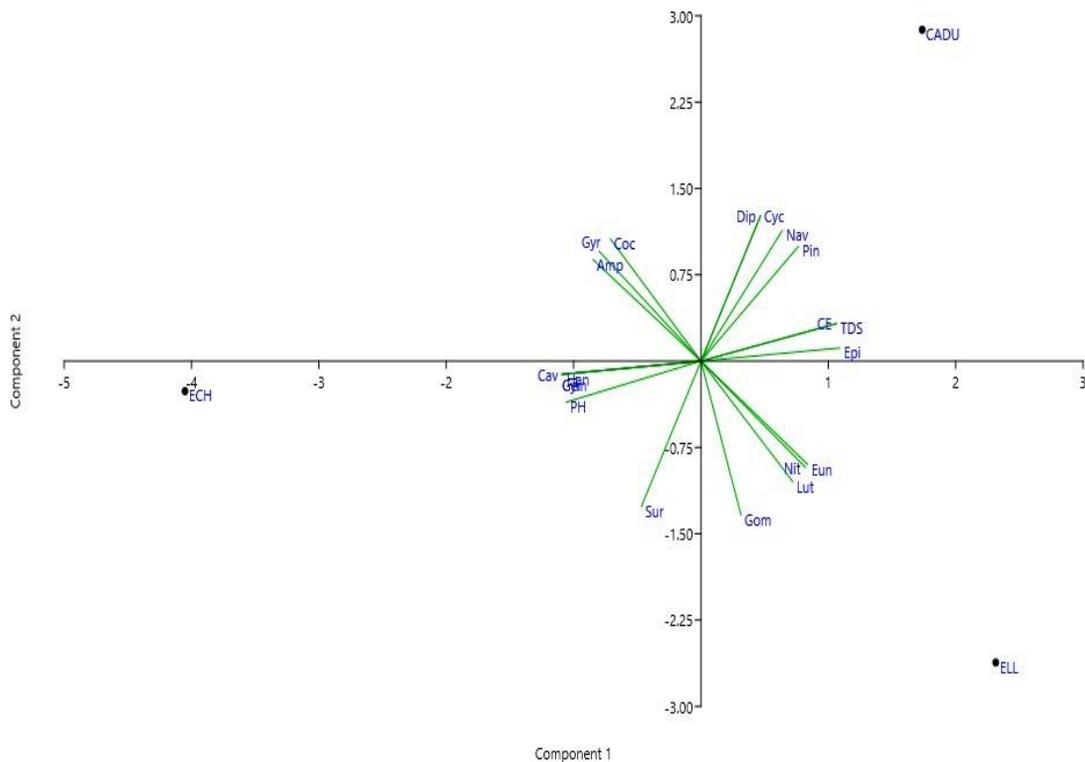
Abundancia relativa de los géneros de diatomeas epilíticas del Río Cáceres por sitio de muestreo.



La relación entre los parámetros fisicoquímicos y los géneros de diatomeas se explican mediante el análisis PCA, se observaron tres sitios de muestreo totalmente diferentes (Figura 5.). El eje del componente 1 que relaciona el sitio CADU y El Llano explica el 62 % ($\lambda=12.39$) de la variación de los datos. La presencia de *Diploneis*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Pinnularia* y *Epithemia* responden a un aumento en la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos, no obstante, géneros como *Cavoneis* (Cav), *Hantzschia* (Han), *Cymbella*(Cym), *Suriella* (Sur) y *Geissleria* (Gei) tienen una correlación negativa ante la disminución de estas variables ambientales en el sitio El Chorro.

Figura 5.

Análisis PCA para los géneros de diatomeas y los parámetros fisicoquímicos de tres sitios del Río Cáceres.



Nota. Sitios: ECH=El Chorro, ELL=El Llano y CADU; Parámetros fisicoquímicos: CE=conductividad eléctrica, TDS=sólidos totales disueltos y pH; Géneros de diatomeas: Cym=Cymbella, Cav=Cavoneis, Gei=Geissleria, Gyr=Gyrosigma, Amp=Amphora, Coc=Cocconeis, Dip=Diploneis, Cyc=Cyclotella, Pin=Pinnularia, Nav=Navicula, Epi=Epithemia, Nit=Nitzschia, Eun=Eunotia, Lut=Luticola, Gom=Gomphonema, Sur=Suriella, Han=Hantzchia

Los géneros de diatomeas encontrados en el sitio CADU son semejantes a los a los del sitio El Llano (Figura 3.), esto puede estar influenciado por los cercanos valores de los parámetros fisicoquímicos y la corta distancia entre ambos sitios. Algunos de estos géneros ya han sido reportados para Panamá en otros estudios con algunas consideraciones sobre su utilización como indicadores de contaminación (León *et al.*, 2013; Soler *et al.*, 2012). Las especies del género *Navicula* son consideradas indicadores de condiciones de contaminación moderada en el agua (Yaguana & Cartuche, 2022; Kelly, 2000; Silva-Benavides *et al.*, 2008), mientras que las especies de *Nitzschia* muestran tolerancia a altos niveles de nitrógeno, fósforo y carbono (Perera & Seanayake, 2024; Werner, 1977). En general, los géneros *Nitzschia* y *Navicula* suelen encontrarse en áreas semiurbanas donde la contaminación presente promueve su crecimiento (Yaguana & Cartuche, 2022; Kelly, 2000; Silva-Benavides *et al.*, 2008). En la figura 4 se puede observar que ambos géneros se encontraron en menor cantidad en el sitio localizado en la cuenca alta del río (El Chorro) en donde la contaminación por desagües no fue evidente. En situaciones de contaminaciones orgánicas algunas especies del género *Navicula* se consideran propias de condiciones alfa-mesosapróbicas (fuertemente contaminadas) (Mandhankumar & Raju, 2023; Taylor *et al.*, 2007).

Géneros como *Cocconeis* y *Gomphonema* son tolerantes a condiciones fuertemente contaminadas y consideradas importantes bioindicadores según el índice de valor biológico (IVB) para el Río Soloy en la provincia de Chiriquí (Naz *et al.*, 2024; León *et al.*, 2012). Otros géneros que presentan un alto índice de valor biológico como *Nitzschia*, *Geissleria*, *Navicula*, *Amphora* y *Epithemia* son también tolerantes a altos niveles de polución (Taurozzi *et al.*, 2024; Flores *et al.*, 2017; Taylor *et al.*, 2007) y han sido registradas en este estudio, lo que nos indica que existe cierto nivel de contaminantes propiciando la presencia de estos géneros.

La mayor abundancia de diatomeas para dos de los sitios de estudio está representada por el género *Cocconeis*, hecho que coincide con los datos de abundancia del estudio de diatomeas del Canal de Panamá (Soler *et al.*, 2012), no obstante, la especie *C. placentula* que también

se identificó en este estudio, precisa no ser un indicador eficiente, ya que tiene una amplia tolerancia y patrones de distribución poco afectados por variaciones de la calidad ambiental. Otro de los géneros más abundantes fue *Gyrosigma* caracterizado por ser sensitivo a descargas orgánicas en el ambiente (Lange-Bertalot, 2011). La ausencia del género *Cocconeis* en el sitio El Llano y la presencia de *Gyrosigma* nos indica que podría existir una perturbación que afecta la abundancia de estos géneros de diatomeas y por tanto la calidad del agua del sitio.

CONCLUSIÓN

Este estudio constituye el primer registro de diatomeas epilíticas en el Río Cáceres y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua. La abundancia observada de los géneros *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Gyrosigma*, junto con la escasa presencia de otros géneros, sugiere que los niveles de contaminantes en el río son favorables para la proliferación de estos grupos. Además, el patrón de abundancia de las diatomeas se correlaciona con las variaciones en los parámetros fisicoquímicos, lo que resalta su potencial como bioindicadores sensibles de las alteraciones en la calidad del agua, reflejando el impacto de las actividades antropogénicas en el ecosistema acuático. Para ampliar el conocimiento sobre la salud del ecosistema, se recomienda evaluar también otros factores, como la DBO, DQO, fósforo, nitritos y sulfatos, así como implementar un monitoreo continuo de la calidad del agua en el Río Cáceres utilizando las diatomeas epilíticas como bioindicadores.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la convocatoria Jóvenes Científicos 2023 de la SENACYT. Agradecemos el apoyo del Profesor Edilberto González del Laboratorio de Fitoplancton y Fitobentos de la Universidad de Panamá, de la estudiante Yoseline Mata y del profesor Jhon Colman del Centro Educativo Cristóbal Adán De Urriola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril R., Rodríguez L., Sucoshañay D. & Bucaram E. (2017). Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2), 59-72.
- Esquiús, K. S., Escalante, A. H., & Solari, L. C. (2008). Algas epífitas indicadoras de calidad del agua en arroyos vinculados a la laguna de Los Padres. *Biología Acuática*, (24), 95–102.
- Flores-Stulzer, E.; Villalobos-Sandí, N.; Piedra-Castro, L. & Scholz, C. (2017). Evaluación breve de la presencia de diatomeas y su relación con algunos parámetros físicoquímicos en el río Pirro, Heredia, Costa Rica. *Uniciencia*, vol. 31 (2). 99-109.
- García, J.M., Sarmiento, L.F., Salvador, M. y Porras, L.S. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Revisión corta. UGCiencia*, 23, 47-62.
- Kelly, M. (2000). Identification of common benthic diatoms in rivers. *Field Studies* 9, 583-700.
- Kelly, M., Adams, C., Graves, C., Jamieson J., Krokowski J., Lycett E., Murray J., Pritchard S. & Wilkins C. (2001). *The Trophic Diatom Index: A User's Manual*. R&D Technical Report E2/TR2
- Lange-Bertalot, H., Bak, M., Witkowski, A. & Tagliaventi, N. (2011) *Eunotia and some related genera. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. 6: 747 pp.
- León, N., Espinosa, H. & Soler, A. (2013). Estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas, en el Río Fonseca, Provincia de Chiriquí, Panamá. *Scientia*, 23(2), 27-42.
- Licursi M., Sierra M & Gómez N. (2006). Diatom assemblages from a turbid coastal plain estuary: Río de la Plata (South America). *Journal of Marine Systems*. Vol 62, (1–2), 35-45 p.p.
- Madhankumar, M. & Raju, V. (2023). Distribution of the Diatoms and Water Quality Assessment of the Thamirabarani River, Tamil Nadu, South India. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 32. 124-137. 10.15421/112313.
- Mora, D., Carmona J., & Cantoral-Uriza, E. (2015). Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(4), 1024-1040.
- Naz, S., Verma, J., Khan, A., Dhyani, S., Srivast, G., Singh, P., Sharma, A., & Srivast, P. (2024). Benthic Diatoms as indicators of water quality in Sharda (Kali), a Transboundary Himalayan River. 10.21203/rs.3.rs-4741320/v1.

- Perera, H & Senanayake, I. (2024). Plankton Assemblage and Potential Indicator Species for Water Quality Assessment in Selected Wetlands in Ramsar Wetland City, Colombo. 10.31357/fesympo.v28.7089.
- Piccardo, A. (2020). Diatomeas bentónicas como indicadores de gradientes ambientales asociados a actividades antrópicas en arroyos de la cuenca del Río Negro. [Tesis para optar por el grado de Maestría en Geociencias, Universidad de la República de Uruguay].
- Quintero, C., Merchán, F., Cornejo, A., & Galán, J. S. (2018). Uso de Redes Neuronales Convolucionales para el Reconocimiento Automático de Imágenes de Macroinvertebrados para el Biomonitorio Participativo. *KnE Engineering*, 3(2), 585-596. <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1462>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51.
- Richter, B.D., Mathews, R., Harrison, D.L. & Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13: 206-224.
- Rivera, P., Parra, M., González, V., Dellarossa & Orellana M. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales. IV. Bacillariophyceae. Editorial Universidad de Concepción, 97 pp., 15 Láms.
- Sánchez, E. 2004. Comunidades de diatomeas perifíticas establecidas en substrato artificial y natural. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Panamá.
- Sánchez, V. V. V., & Adams, H. J. C. (2023). Calidad biológica de cuatro ríos de la provincia de Bocas del Toro con el uso de macroinvertebrados acuáticos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1736-1760.
- Silva-Benavides, M., Sili, C. & Torzillom, G. (2008). Cyanoprocariota y microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. *Revista Biología. Tropical* 56(4), 221-235.
- Soler, A., Pérez, M. & Aguilar, E. (2003). Diatomeas de las costas del pacifico de Panamá estudio florístico. En: universidad de Panamá (Eds.). Autoridad del Canal de Panamá y Universidad de Panamá. 190 páginas.
- Soler, A., Pérez, M., Aguilar, E. & Villarreal, I. (2012). Diatomeas del Canal de Panamá: Bioindicadores y otros estudios pioneros. En: Marilyn Diéguez e Iván Domínguez (Eds.). Autoridad del Canal de Panamá y Universidad de Panamá. 272 páginas.
- Solís Rodríguez, M. A. (2021). *Análisis de los parámetros bacteriológicos como indicadores de la calidad del agua, en el Rio San Antonio, municipio de Atiquizaya, departamento de Ahuachapán* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).



- Taurozzi, Davide & Cesarini, Giulia & Scalici, Massimiliano. (2024). Diatoms as bioindicators for health assessments of ephemeral freshwater ecosystems: A comprehensive review. *Ecological Indicators*. 166. 1470-160. 10.1016/j.ecolind.2024.112309.
- Taylor, J., Harding, B. & Archibald, C. (2007). An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa. Report number: TT282/07. Water Research Commission.
- Werner, D. (1977). *Biology of Diatoms*. University of California Press. Los Angeles, California.
- Yaguana, R. & Cartuche, V.. (2022). Variación de diatomeas (Bacillariophyta) en un gradiente del estado de conservación de ribera del río Malacatos, Loja- Ecuador. *CEDAMAZ*. 12. 10.54753/cedamaz.v12i2.1626.