



**Evaluación del estado ecológico de la quebrada la sonadora en Cermeño, Coclé,  
Panamá, utilizando fitoplancton como bioindicador.**

Evaluation of the ecological status of the quebrada la sonadora in Cermeño, Coclé, Panama,  
using phytoplankton as a bioindicator.

**Mario Alberto Morán Mora**

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

[mariomoran2901@gmail.com](mailto:mariomoran2901@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0009-2341-5683>

**Mario Antonio Morán Mora**

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

[antoniomoran0129@gmail.com](mailto:antoniomoran0129@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0006-9826-3088>

**José Antonio Aguilar Llerena**

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

[betacaroteno\\_22@yahoo.es](mailto:betacaroteno_22@yahoo.es) <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

\*Autor de correspondencia: [betacaroteno\\_22@yahoo.es](mailto:betacaroteno_22@yahoo.es)

Recepción: 17 de enero de 2025

Aprobación: 28 de febrero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6772>

## Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el estado ecológico en la quebrada La Sonadora utilizando géneros de algas fitoplanctónicas como bioindicadores, complementado con un análisis fisicoquímico que nos permitió determinar la calidad del agua. El área de estudio se dividió en tres zonas de muestreo, en la parte superior de la quebrada, en los meses de marzo y julio de 2024. Se identificaron nueve géneros de algas fitoplanctónicas (*Coccolobrya sp.*, *Spirogyra sp.*, *Planktothrix sp.*, *Navicula sp.*, *Synedra sp.*, *Klebsormidium sp.*, *Draparnaldia sp.*, *Xanthonema sp.*, y *Frustulia sp.*) en diversas zonas de la quebrada. Además, se realizaron mediciones de parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, coliformes totales, pH, y temperatura del agua. Los resultados de ambos enfoques se integraron en el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA). El estudio reveló que la presencia de géneros como *Coccolobrya sp.* y *Frustulia sp.*, en aguas oligotróficas sugiere



una alta calidad en áreas alejadas de la actividad humana. De manera similar, géneros como *Spirogyra sp.*, y *Planktothrix sp.*, indicaron eutrofización y contaminación en zonas cercanas a la actividad agrícola y ganadera. Según los índices biológicos calculados, la comunidad fitoplanctónica de la quebrada La Sonadora posee una baja diversidad, una distribución equitativa de individuos y cierta dominancia entre la población. El análisis fisicoquímico mostró niveles bajos de oxígeno disuelto y altos de nutrientes y coliformes en las áreas de impacto directo. En conjunto, el ICA clasificó las zonas como de "regular" calidad en las dos épocas en que se llevó a cabo el muestreo.

**Palabras clave:** calidad del agua, fitoplancton, eutrofización

#### **Abstract**

The study aimed to assess the ecological status of the La Sonadora stream using phytoplankton genera as bioindicators, complemented by a physicochemical analysis that allowed us to determine water quality. The study area was divided into three sampling zones, located in the upper part of the stream, during the months of March and July 2024. Nine genera of phytoplankton (*Coccolobrya sp.*, *Spirogyra sp.*, *Planktothrix sp.*, *Navicula sp.*, *Synedra sp.*, *Klebsormidium sp.*, *Draparnaldia sp.*, *Xanthonema sp.*, and *Frustulia sp.*) were identified in various zones of the stream. Additionally, measurements of physicochemical parameters such as dissolved oxygen, nitrates, phosphates, total coliforms, pH, and water temperature were taken. The results from both approaches were integrated into the calculation of the Water Quality Index (WQI). The study revealed that the presence of genera such as *Coccolobrya sp.* and *Frustulia sp.* in oligotrophic waters suggests high quality in areas distant from human activity. Similarly, genera like *Spirogyra sp.* and *Planktothrix sp.* indicated eutrophication and pollution in areas close to agricultural and livestock activities. According to the calculated biological indices, the phytoplankton community of the La Sonadora stream exhibits low diversity, an equitable distribution of individuals, and some dominance within the population. The physicochemical analysis showed low levels of dissolved oxygen and high levels of nutrients and coliforms in areas with direct impact. Overall, the WQI classified the zones as having "fair" quality during both sampling periods.

**Keywords:** water quality, phytoplankton, eutrophication

## INTRODUCCIÓN

El fitoplancton, según lo definido por Vicente et al. (2005), es la comunidad de microorganismos, mayormente fotosintéticos, ya sean: microalgas, cianobacterias, flagelados heterótrofos y otros grupos sin clorofila, que vive suspendida en la masa de agua. Por otro lado, atendiendo a lo mencionado por De la Lanza et al. (2000) en su estudio titulado “Organismo indicadores de la calidad el agua y de la contaminación (Bioindicadores)”, se define a un indicador biológico como un organismo selecto con diversos grados de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos.

Está formado principalmente de diatomeas, dinoflagelados, flagelados minúsculos y cianobacterias, constituyen el primer nivel trófico que sirve de alimento a animales mayores (Ruppert y Barnes, 1996). Por este motivo es considerado como el primer nivel en la cadena alimenticia en el mar, a causa de que está interconectado por la energía solar y material circulante en el ecosistema, energía que es traspasada al próximo nivel trófico zooplancton e ictioplancton (Mann y Lazier, 1991).

La ventaja de evaluar la calidad del agua utilizando organismos como el fitoplancton (microalgas o cianobacterias) permite reducir las actividades de campo y ayudan a determinar condiciones actuales y pasadas con mayor precisión, por medio del análisis de estructura de la comunidad fitoplanctónica, (Santillán-Aredo y Guerrero-Padilla, 2018).

La estructura de la comunidad fitoplanctónica puede cambiar significativamente en respuesta a diferentes tipos de contaminación. Por ejemplo, la eutrofización, donde el exceso de nutrientes, como fosfatos y nitratos, causa un rápido crecimiento del fitoplancton, particularmente de especies oportunistas como algunas cianobacterias, que pueden causar floraciones masivas y afectar la calidad del agua (Zarza, 2024). Los contaminantes químicos y metales pesados, algunas especies son más resistentes a estos contaminantes, mientras que otras son particularmente sensibles. La desaparición o propagación de especies específicas puede indicar la presencia de contaminantes tóxicos en el agua (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016). La biodiversidad, en cuerpos de agua saludables, la comunidad fitoplanctónica es diversa. Una disminución de la diversidad puede señalar la presencia de estrés ambiental, como la contaminación o el cambio climático (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016). Por



lo cual, el fitoplancton es de vital importancia tanto para los ecosistemas acuáticos como para salud ambiental, pues brinda información acerca del comportamiento temporal de contaminantes y del mismo modo permiten evaluar información acerca del comportamiento temporal de contaminantes y permiten evaluar información o cambios ambientales a corto plazo, (Bellinger y Sigee, 2010).

Por otro lado, el análisis fisicoquímico es un procedimiento que busca evaluar las características físicas y químicas del agua, con el objetivo de determinar su calidad (Valverde Medina & Caicedo Perlaza, 2019). Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y las propiedades físicas, esto, sin aportar información de la influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada respecto al contaminante o los contaminantes responsables (Orozco, 2005).

La quebrada La Sonadora, ubicada en una región de importancia ecológica dentro de la Reserva Hidrológica Cerro Guacamaya, no ha sido objeto de estudios ecológicos que utilicen el fitoplancton como bioindicador ni índices físico-químicos. Esta carencia de información impide una evaluación adecuada de los efectos de las actividades humanas en la calidad del agua. No obstante, estudios previos de la región han utilizado únicamente índices físico-químicos para evaluar la calidad del agua, como el *“Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá”* (Autoridad Nacional de Ambiente, 2009), que reveló que las aguas de la cuenca de Río Grande se clasificaban como "poco contaminadas" según el Índice de Calidad del Agua (ICA). Sin embargo, no se ha incorporado el análisis de bioindicadores como el fitoplancton, lo cual es crucial para una evaluación más holística del ecosistema acuático.

La Reserva Hidrológica Cerro Guacamaya es una de las pocas áreas protegidas en el país con connotación de reserva hidrológica y se creó con el objetivo de manejar, proteger y conservar los recursos naturales suelo fauna flora y mantener las fuentes hídricas de la región (Barrios et al., 2012, p. 7). Esta reserva no solo es un guardián de la flora y la fauna coclesana, sino que, además, es responsable de abastecer de agua potable a 36 comunidades en la provincia que se benefician de acueductos rurales.



Es por lo antes mencionado que este proyecto resulta de gran relevancia, ya que tiene como objetivo evaluar el estado ecológico de la quebrada La Sonadora en la comunidad de Cermeño, Coclé, Panamá, utilizando fitoplancton durante los meses de marzo-julio de 2024, siendo el primer estudio en la localidad sobre calidad de agua utilizando bioindicadores e índices fisicoquímicos; asimismo, nos permitirá conocer el estado o condición de este importante recurso natural para la comunidad y a la vez que propicia la adopción de medidas apropiadas encaminadas a velar por la conservación de este recurso vital por parte de la población y las autoridades.

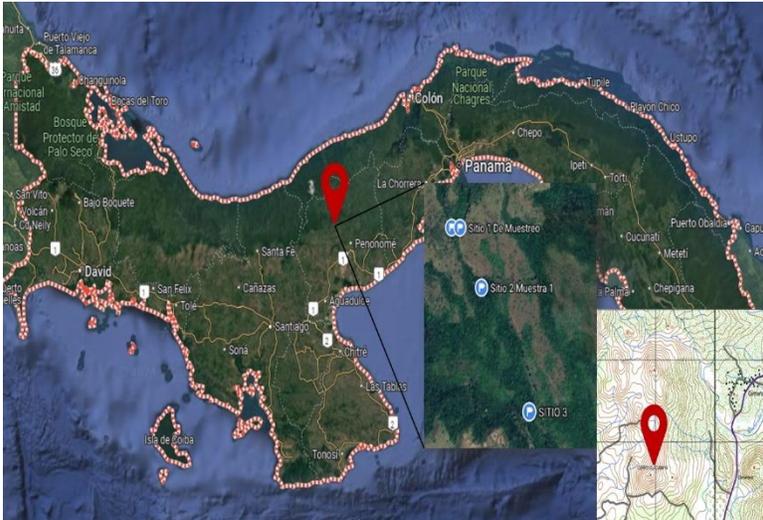
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Área de muestreo

La quebrada La Sonadora es un ecosistema lótico poco caudaloso que se alimenta de un ojo de agua, naciendo en el Cerro Guacamaya y finalizando en la comunidad de Cermeño (8° 29' 28" N 80° 27' 4" O). Esta quebrada forma parte de la Reserva Hidrológica, Forestal, Arqueológica y de vida silvestre del Cerro Guacamaya, posee una extensión de 5 117.85 Ha (Barrios et al., 2012). El área de estudio se dividió en tres zonas de muestreo, en la parte superior de la quebrada, con tres estaciones de muestreo en zonas representativas.

**Figura 1.**

*Área de muestreo de la quebrada La Sonadora en el Cerro Guacamaya, Cermeño, Coclé.*



*Nota.* En la imagen se muestra las tres estaciones de muestreo: Nacimiento (sitio 1): 8°30'10.0"N 80°27'41.9"O; Zonas medias (sitio 2): 8°30'02.8"N 80°27'35.2"O; Zona de impacto directo (sitio 3): 8°29'46.9"N 80°27'27.3"O. Fuente: (*Google Earth* 2024).

### Fase de campo

De acuerdo con lo realizado por Barros (2019) se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos como: pH, temperatura, oxígeno disuelto (ver tabla 2), además, para el muestreo de fitoplancton, se realizaron lanzamientos con una red cónica simple de 50  $\mu\text{m}$  hasta obtener una muestra significativa por cada estación de muestreo. Esta metodología fue acompañada del cepillado de sustrato, empleando un marco de plástico y un cepillo de cerdas finas se realizó el cepillado del área interna delimitada por el marco de plástico de  $2 \times 2 \text{ cm}^2$ . Cada muestra fue fijada *in situ* agregando 1 gota de Lugol por cada 100 ml de muestra, un procedimiento recomendado para conservar las células fitoplanctónicas y evitar su degradación antes del análisis en laboratorio (Samanez, 2014, pp.112-13). Este procedimiento se llevó a cabo una vez marzo y se repitió en julio, para obtener muestras representativas de la época seca y lluviosa. En zonas poco profundas y cercanas a las orillas, tomando en cuenta que la quebrada no posee zonas profundas. Se realizó la medición de los

parámetros fisicoquímicos utilizando medidores portátiles marca VISOVIUM para pH, temperatura y Total de sólidos disueltos (SDT); un medidor portátil de oxígeno disuelto tipo lápiz con sonda marca UIUZMAR. Los niveles de nitrato y fosfato fueron medidos mediante tiras reactivas de la marca Syrisora. Para los coliformes totales las muestras fueron enviados a laboratorio para su análisis. Estos parámetros fueron utilizados para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA).

**Figura 2.**

*Metodologías de muestreo*



*Nota.* A) arrastre con red para fitoplancton (red casera). B) Cepillado de sustrato.

**Figura 3.**

*Fijación in situ de muestras*



*Nota.* Fijación de muestras con Lugol.

### Fase de laboratorio

En el laboratorio, las muestras fueron revisadas y preparadas para su análisis. Luego, se montaron 15 muestras por sitio de muestreo (5 por estación), utilizando 2 gotas de muestra en cada portaobjetos y cubiertas con un cubreobjetos para la observación cualitativa. Estas muestras fueron observadas durante 5 minutos bajo el microscopio y, mientras se realizaban las observaciones, se procedió a la captura de fotografías de los organismos observados para su identificación con la ayuda de claves taxonómicas como: Núñez-Avellaneda y Maciales-Caro (2008), Soler Onís (2016), Chivatá Bedoya & López (2014) y la base de datos en línea Phycokey (Baker, 2012). La identificación se basó en las características morfológicas de los organismos, comparándolos con las imágenes y descripciones de las guías taxonómicas.

### Análisis e interpretación de datos

Una vez identificados los organismos, se utilizó el método de conteo de bandas dibujadas en un cubreobjetos para la cuantificación del fitoplancton y, finalmente, se procedió a

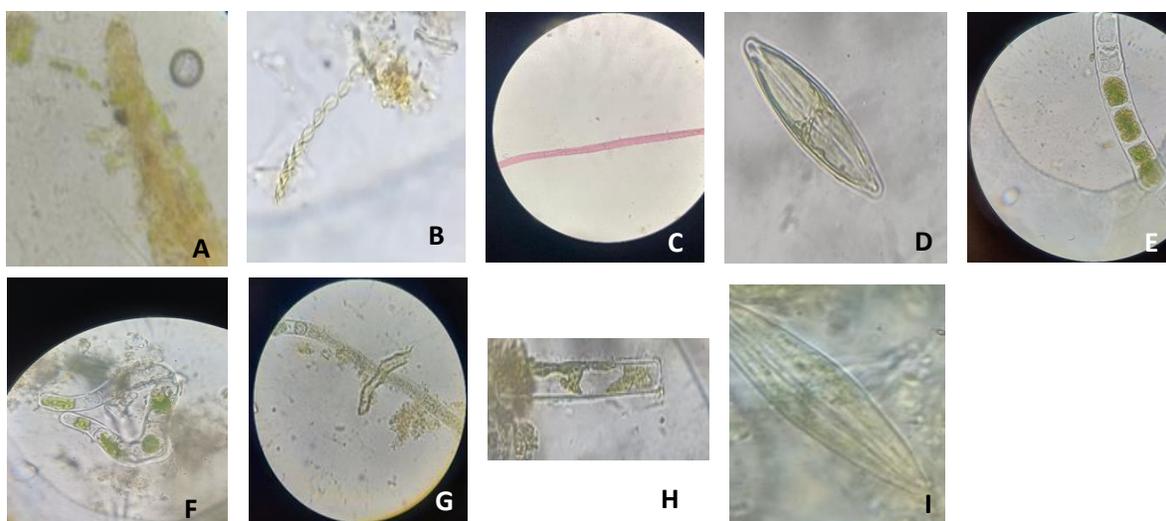
caracterizar la diversidad fitoplanctónica en cada zona de muestreo. La diversidad se evaluó utilizando los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Pielou ( $J'$ ) y Simpson ( $D'$ ), calculando las proporciones de las especies y su abundancia en las muestras. El análisis de datos se llevó a cabo en el programa de Microsoft Office Excel, además, se utilizó la calculadora en línea Statology para el cálculo del índice de predominio de Simpson. A los resultados obtenidos, se les aplicaron pruebas estadísticas como la prueba t de Student pareada y de coeficiente de correlación Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la quebrada La Sonadora se registraron nueve géneros de algas fitoplanctónicas presentes: *Coccolobrya* sp., *Spirogyra* sp., *Planktothrix* sp., *Navicula* sp., *Klebsormidium* sp., *Xanthonema* sp., *Draparnaldia* sp., *Synedra* sp., y *Frustulia* sp., distribuidas en ocho taxones: *Bacillariophyceae* con 2 géneros y *Chlorophyceae*, *Zygnematophyceae*, *Cyanophyceae*, *Klebsormidiophyceae*, *Xanthophyceae*, *Chaetophorales*, *Amphipleuraceae* cada una con un género.

### Figura 4.

*Fitoplancton presente en la quebrada La Sonadora en Cermeño, durante marzo julio 2024.*



*Nota. A. Coccolobrya sp. (Chlorophyceae). B. Spirogyra sp. (Zygnematophyceae). C. Planktothrix (Cyanophyceae). D. Navicula sp. (Bacillariophyceae). E. Klebsormidium sp.*

(*Klebsormidiophyceae*). **F.** *Xanthonema sp.* (*Xanthophyceae*). **G.** *Draparnaldia sp.* (*Chaetophorales*). **H.** *Synedra sp.* (*Bacillariophyceae*). **I.** *Frustulia sp.* (*Amphipleuraceae*).

Al comparar estos hallazgos con estudios previos en ecosistemas acuáticos similares, se puede establecer una correlación entre la presencia de estos géneros y la calidad del agua. Para el género *Coccolobrya sp.* (*Chlorophyceae*) es característico de aguas dulces, oligotróficas y bien oxigenadas, lo que sugiere que la calidad del agua en ciertas zonas de la quebrada es alta. Un estudio similar en la cuenca del río Chillón, en Perú, mostró que la predominancia de algas verdes está asociada con aguas de baja contaminación orgánica (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016).

En cuanto a *Spirogyra sp.* (*Zygnematophyceae*), su presencia se vincula a aguas ricas en nutrientes, lo que podría ser un indicador de eutrofización en ciertas zonas, especialmente en las áreas de impacto agrícola (Gontcharov, 2008). Asimismo, *Planktothrix sp.* (*Cyanophyceae*), una cianobacteria conocida por su capacidad de florecer en condiciones de enriquecimiento por nutrientes, puede señalar la presencia de compuestos nitrogenados, además, estudios han reportado que especies de *Planktothrix sp.*, pueden formar floraciones en cuerpos de agua con niveles de oxígeno disuelto bajos, lo que puede resultar en la degradación de la calidad del agua (Neelesh, 2023). Por otro lado, la abundancia de *Navicula sp.* (*Bacillariophyceae*) y *Synedra sp.* (*Bacillariophyceae*), ambas diatomeas, es un buen bioindicador de la calidad del agua, ya que estos géneros suelen habitar en aguas con buenos niveles de oxígeno disuelto y bajos niveles de contaminación (Escobar et al., 2013). Este hallazgo es consistente con otros estudios realizados en ecosistemas acuáticos como la cuenca baja del río Lurín, donde las diatomeas mostraron ser altamente sensibles a las alteraciones físico-químicas del agua (Vélez-Azañero y Cáceres-Torres, 2016).

La presencia de *Frustulia sp.* (*Amphipleuraceae*), un género también asociado a condiciones oligotróficas, refuerza la idea de que, aunque hay áreas afectadas por la actividad humana por lo que, su presencia o ausencia puede reflejar cambios en las condiciones ambientales, tales como la eutrofización o la contaminación (Mosquera Murillo & Martínez-Cuesta, 2022).

## Índices biológicos

**Tabla 1.**

*Índices biológicos calculados para la población de fitoplancton de la quebrada La Sonadora durante marzo-julio de 2024*

Índice Biológico	ÉPOCA/MUESTREO	
	S	LL
Índice de Shannon-Wiener (H')	0.580	0.611
Índice de Pielou (J')	0.528	0.555
Dominancia de Simpson (D')	0.665	0.656

El índice de equidad de Shannon-Wiener (H') indica una baja diversidad dentro de la comunidad de fitoplancton en la quebrada La Sonadora, este resultado es coherente con ambientes donde hay presión ambiental pero no un deterioro extremo de la biodiversidad (Magurran, 2021). El resultado obtenido para el índice de Pielou representa una comunidad fitoplanctónica bastante equitativa, donde las especies registradas en el afluente están representadas de forma uniforme. Esto indica un ecosistema en equilibrio donde no existe una especie dominante que desplaza a las demás (Pielou, 1966). El valor para el índice de diversidad de Simpson sugiere una ligera dominancia de una o pocas especies, pero sin una dominancia extrema, tal es el caso del taxón *Bacillariophyceae* que registró 2 géneros en la quebrada. Estos resultados son típico en comunidades que están sometidas a presión ambiental o actividad antropogénica, pero que aún mantienen niveles de diversidad razonables (Bobbitt, 2021; Simpson, 1949). Estudios en lagos de barrera y cuerpos de agua de grandes ríos en otras regiones del mundo han reportado comportamientos similares en el

índice de Shannon-Wiener y Pielou reflejando distintos estados tróficos (Cai et al., 2022; Zhikharev et al., 2022)

Parámetros fisicoquímicos

Según el Índice de Calidad de Agua (ICA), el muestreo 1 (época seca) presenta la categoría de “regular” con valores de 69.6. Misma categoría que en el muestreo 2 (época lluviosa), con valor de 62.9, sin embargo, se puede observar desmejora en la calidad de 6.7. (Tabla 2). Esto refleja un aumento en DBO<sub>5</sub>, nitratos y fosfatos, acompañado por una ligera disminución en el oxígeno disuelto, lo cual sugiere que el cuerpo de agua está experimentando mayores niveles de contaminación orgánica y de nutrientes (Murrell et al., 2022).

**Tabla 2.**

*Calidad fisicoquímica en la quebrada La Sonadora*

PARÁMETRO	MUESTREO 1	MUESTREO 2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3.8	4.1
pH	5.1	5.4
DBO <sub>5</sub>	4.4	5.5
NO <sub>3</sub>	0	3.33
Coliformes		
Fecales (UFC/100 ml)	10	4
SDT (mg/L)	0.04	0.05
Fosfatos (mg/L)	0	0.1
Temperatura (°C)	28.2	27.4
<b>ICA</b>	<b>69.6</b>	<b>62.9</b>

**Tabla 3.**

*Resultados de la aplicación de la prueba  $t$  de Student pareada para los parámetros fisicoquímicos en las épocas seca y lluviosa de la quebrada La Sonadora entre marzo-julio de 2024*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor <math>t</math> calculado</b>	<b>Resultado</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	3.733	Significativo
<b>Nitratos (mg/L)</b>	1.000	No significativo
<b>DBO5 (mg/L)</b>	3.024	Significativo
<b>pH</b>	0.369	No significativo
<b>Temperatura (°C)</b>	-2.402	No significativo
<b>Fosfato (mg/L)</b>	3.464	Significativo
<b>Coliformes Fecales</b>	7.500	Significativo
<b>SDT (mg/L)</b>	1.512	No significativo

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la prueba estadística  $t$  Student pareada aplicada a los parámetros fisicoquímicos para establecer su significancia entre los muestreos realizados.


**Tabla 4.**

*Resultados de la aplicación de la prueba correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos en las épocas seca y lluviosa de la quebrada La Sonadora entre marzo-julio de 2024.*

<b>Parámetro</b>	<b>Coefficiente de correlación (r)-S</b>	<b>Coefficiente de correlación L (r)-Ll</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	-0.317	-0.596
<b>Nitratos (mg/L)</b>	*	-0.918
<b>DBO5 (mg/L)</b>	-1.000	0.397
<b>pH</b>	0.948	-0.894
<b>Temperatura (°C)</b>	0.980	-0.771
<b>Fosfato (mg/L)</b>	*	0.596
<b>Coliformes fecales (UFC/100 ml)</b>	0.749	0.803
<b>Sólidos Disueltos Totales (SDT)</b>	0.749	0.737

*Nota.* (S): Época seca. (Ll): Época lluviosa. (\*) no se pudo determinar.  $r$  cercano a 1: Correlación positiva fuerte.  $r$  cercano a -1: Correlación negativa fuerte.  $r$  cercano a 0: No es posible determinar el grado de covariación. La tabla 4 muestra que la mayoría de los datos presentan una correlación positiva, y algunos, como el oxígeno disuelto presentan una correlación negativa.

Se aplicó la prueba de t Student pareada a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos registrados en los dos muestreos realizados. Los resultados reflejan que La diferencia de oxígeno disuelto entre las épocas seca y lluviosa es significativa, no se observaron cambios significativos en los niveles de nitratos entre las dos épocas, la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es mayor en la época lluviosa, lo que puede causar un aumento de materia orgánica, tampoco se observan cambios significativos en el pH, al igual que la temperatura del agua



disminuye ligeramente en la época lluviosa, pero no es un cambio significativo. En cambio, la concentración de fosfatos aumentó significativamente en la época lluviosa, esto puede estar relacionado con la escorrentía en la zona. El incremento en la cantidad de coliformes fecales en la época lluviosa es significativo, lo que indica contaminación bacteriana, aunque no grave. Los sólidos disueltos totales aumentan significativamente en la época lluviosa.

Par determinar la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre la riqueza-diversidad de fitoplancton en la quebrada La Sonadora, se aplicó la prueba de correlación de Pearson a los datos. Los resultados (tabla 4), muestran que los parámetros que registraron una correlación positiva son aquellos que presentan un impacto sobre la diversidad fitoplanctónica; por el contrario, aquellos parámetros que registraron una correlación negativa, no tienen un impacto directo sobre la diversidad de fitoplancton presente en la quebrada La Sonadora.

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados, en la quebrada La Sonadora se encontraron nueve géneros de fitoplancton, estos hallazgos sugieren que, mientras algunas zonas de la quebrada La Sonadora mantienen buena calidad del agua, áreas impactadas por actividades agrícolas muestran indicios de enriquecimiento por nutrientes (eutrofización), lo cual es reflejado por la presencia de géneros como *Spirogyra sp.*, y *Planktothrix sp.*, que aunque no son los taxones más abundantes, su presencia es un indicador de posible eutrofización. Los resultados obtenidos refuerzan la hipótesis de que la presencia de ciertos taxones de fitoplancton está asociada con un mal estado ecológico, pero también, se observó que la abundancia de ciertos taxones de fitoplancton refleja un estado ecológico bueno. Los índices biológicos calculados indicaron que la comunidad fitoplanctónica de la quebrada La Sonadora posee una baja diversidad, una distribución equitativa de individuos y cierta dominancia entre la población. En cuanto al estudio fisicoquímico actual, en la quebrada La Sonadora revela una calidad de agua "regular", con un ICA de 69.6 en el muestreo 1 y 62.9 en el muestreo 2. Los resultados muestran un aumento en la DBO<sub>5</sub>, nitratos y fosfatos, y una ligera disminución en el oxígeno disuelto en el segundo muestreo, lo que indica una mayor presencia de materia orgánica y nutrientes.



Finalmente, de acuerdo con los resultados, el agua de la quebrada La Sonadora, en la comunidad de Cermeño, provincia de Coclé es apta para el consumo humano. Sin embargo, se recomienda que se ejecuten medidas de prevención y saneamiento en el acueducto rural de la comunidad. A la vez, recomendamos para futuras investigaciones la inclusión de otros bioindicadores.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Clara Morán, por su guía y apoyo, a la SENACYT por hacernos parte de su programa y brindar los recursos, a Angélica González por ser parte del equipo de producción y diseño, a el Dr. Julio Reyes por darnos acceso a su equipo de microscopio para poder terminar las observaciones y tomar las fotos de las muestras, y a nuestros colaboradores por ayudarnos en la logística en toda la investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Ambiente. (2009). *Informe de monitoreo de la calidad de agua en las cuencas hidrográficas de Panamá: Compendio de resultados, años 2002–2008*. <http://v1.panamacompra.gob.pa/documentosconvertidos/2009-1-08-0-08-lp-008343-et.pdf>
- Baker, A.L. (2012). Phycokey -- an image based key to Algae (PS Protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology. <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>
- Barrios, M., Estrada, E., Vásquez, F., Álvarez, F., Rodríguez, F., y Beroy, V. (2012). Línea base de la reserva hídrica Cerro Guacamaya. Autoridad Nacional de Ambiente.
- Barros, K. (2019). Fitoplancton como indicador del estado ecológico del embalse Chongón [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstreams/a65187aa-ab1d-4141-bee9-abd85b05b221/download>
- Bellinger, E., y Sigeo, D. (2010). *Freshwater Algae: Identification and use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell. DOI:10.1002/9780470689554
- Bobbitt, Z. (2021). Simpson's Diversity Index Calculator. Statology. <https://www.statology.org/simpsons-diversity-index-calculator/>
- Cai, Y., Qi, L., Ma, C., Lu, X., y Fan, Y. (2022). Using phytoplankton taxonomy diversity indices to assess trophic states in the biggest quake lake in China. Research Square (Research Square). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1162879/v1>



- Chivatá Bedoya, T., & López, L. (2014). *Guía ilustrada / Cartilla ilustrada Fitoplancton y Zooplancton Humedal La Conejera Bogotá D.C.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11908.91520>
- De la Lanza Espino, G., Hernández Pulido, S., & Carbajal Pérez, J. L. (Eds.). (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Comisión Nacional del Agua; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Biología; Plaza y Valdés.
- De la Lanza, G., y Hernández, S. (2014). *Organismos acuáticos como indicadores de cambios ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo. Ventajas y desventajas*. En C. González, A. Vallarino, J. Pérez y A. Low Editores (Eds.), *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (1ra ed., pp. 41–64). El colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- Equipo de comunicación Aconsa (2021). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?*. Aconsa. <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Escobar, M. J., Terneus, E., y Yáñez, P. (2013). Plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis de caso. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/295105482\\_Plancton\\_como\\_bioindicador\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_zonas\\_agricolas\\_andinas\\_analisis\\_de\\_caso](https://www.researchgate.net/publication/295105482_Plancton_como_bioindicador_de_la_calidad_del_agua_en_zonas_agricolas_andinas_analisis_de_caso)
- Gontcharov, A. A. (2008). Phylogeny and classification of Zygnematophyceae (Streptophyta): current state of affairs. *Fottea*, 8(2), 87–104. <https://doi.org/10.5507/fot.2008.004>
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174–R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Mann, K.H., y J.R.N. Lazier. (1991). *Dynamics of marine ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans*. Blackwell. Boston, U.S.A. <https://doi.org/10.1002/9781118687901.ch1>
- Martel, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Mosquera Murillo, Z., & Martínez Cuesta, L. M. (2022). Variación espacial de la comunidad de algas del perifiton en quebradas de la cuenca del río San Juan, Chocó, Colombia. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 46(178), 192–205. <https://doi.org/10.18257/raccefy.1593>
- Murrell, J. a. L., Alvarez, B. R., Moya, D. L., y Badía, M. M. R. (2022). *Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río Almendares como caso de estudio*. <https://www.redalyc.org/journal/1812/181271968004/html/>



- Neelesh, T. (2016). Cyanophyceae: characteristics, occurrence and classification. Biology Discussion. <https://www.biologydiscussion.com/algae/cyanophyceae-characteristics-occurrence-and-classification/46739>
- Núñez-Avellaneda, M., y Maciales-Caro, L. J. (2008). *Microalgas acuáticas: La otra escala de la biodiversidad en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Microalgas%20relo ad.pdf>
- Omega Perú S.A. (2022). *Análisis completo de la calidad del agua y del producto en la industria de Bebidas*. <https://omegaperu.com.pe/analisis-completo-de-la-calidad-del-agua-y-del-producto-en-la-industria-de-bebidas/>
- Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J. (2005) Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química. (3ª ed). Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=nUoOx-8knyUC&lpg=PA11&hl=es&pg=PA11#v=onepage&q&f=false>
- Pielou, E. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Ruppert, E., y Barnes, R. (1996). *Zoología de los invertebrados* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. <https://es.slideshare.net/slideshow/zoologa-de-los-invertebrados-6ed-ruppert-y-barnes-1996/53094708>
- Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., Arana Maestre, J., Ortega Torres, H., Correa Roldán, V., & Hidalgo Del Águila, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. (Primera Edición ed., p. 75). <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/887>
- Santillán-Aredo, Santos R., y Guerrero-Padilla, Ana M. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(4), 97-110. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i4.3968>
- Simpson, E. H. (1949). *Measurement of diversity*. *Nature*, 163, 688. <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>
- Soler Onis, E. (2016). *Estudio de las diatomeas (Heterokontophyta, Bacillariophyceae) del bosque húmedo subtropical del Barranco de Azuaje, Gran Canaria, Islas Canarias* [Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. <http://hdl.handle.net/10553/22751>



- Valverde Medina, L. M., & Caicedo Perlaza, L. (2019). Estudio de la calidad fisicoquímica del agua potable en los sectores del Cantón de Manabí. *Cienciamatria*, 5(9), 489-500. <https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.153>
- Vélez-Azañero, A., Lozano, S., y Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 69-79. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>
- Vicente, E., De Hoyos, P., Sánchez, J., y Cambra, J. (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolo de muestreo y análisis para fitoplancton*. Confederación Hidrográfica del Ebro. [https://www.academia.edu/4082605/Protocolos\\_de\\_muestreo\\_y\\_an%C3%A1lisis\\_para\\_MINISTERIO\\_DE\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_CONFEDERACION\\_HIDROGRAFICA](https://www.academia.edu/4082605/Protocolos_de_muestreo_y_an%C3%A1lisis_para_MINISTERIO_DE_MEDIO_AMBIENTE_CONFEDERACION_HIDROGRAFICA)
- Zhikharev, V., Vodeneeva, E., Kudrin, I., Gavrilko, D., Startseva, N., Kulizin, P., Erina, O., Tereshina, M., Okhapkin, A., y Shurganova, G. (2022). The species structure of plankton communities as a response to changes in the trophic gradient of the mouth areas of large tributaries to a lowland reservoir. *Water*, 15(1), 74. <https://doi.org/10.3390/w15010074>
- Boyacioglu, H., (2007). Development of a water quality index based on a European classification scheme. *WATER SA*, vol.33, no.1, 101-106. DOI: [10.4314/wsa.v33i1.47882](https://doi.org/10.4314/wsa.v33i1.47882)
- Mosquera, J. A. S. (2018.). PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DE HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN CUERPOS DE AGUAS CIUDAD DE. Edu.Co. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a18d3e1-40ef-4d58-8389-5f3a94b3584f/content>
- Zarza, L. (2024, May 23). *¿Qué es la eutrofización?* iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-eutrofizacion>