

ESTABLECIMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CIANOBACTERIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS DEL EMBALSE CERRÓN GRANDE

Expositora

María Dolores Rovira

Investigadores

Guadalupe Arévalo

José Luis Sierra Ortez

Luis Carlos Morán

María Dolores Rovira

Departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales

Introducción

El embalse del Cerrón Grande posee un área de 135 km², fue construido en la década de 1970 sobre el cauce del río Lempa con el fin de utilizar sus aguas en la producción de energía eléctrica; con el tiempo esta masa de agua fue tomando importancia en diversos ámbitos, entre ellos el ecológico, debido a la multiplicidad de servicios ecosistémicos que brinda. Esta importancia fue reconocida en noviembre del 2005, cuando la Comisión Ramsar lo denominó como “Humedal de Importancia Internacional”; a pesar de ello, en la actualidad este sitio es reconocido como una de las fuentes de agua superficial más contaminadas del país, enfrentando, entre otros, serios problemas relacionados a las proliferaciones masivas de organismos fitoplanctónicos pertenecientes al grupo de las cianobacterias.

Las cianobacterias son organismos muy importantes dentro de los sistemas acuáticos

continentales, principalmente porque son la base de las redes tróficas en estos; sin embargo, en los últimos años, debido a la contaminación antrópica y al aumento de la temperatura global a causa del cambio climático, este grupo ha destacado principalmente por problemas asociados a sus proliferaciones masivas, tales como los cambios en las propiedades organolépticas del agua, disminución de la diversidad biológica del ecosistema y la producción de metabolitos tóxicos, siendo este último asociado a intoxicación y mortandad de peces y otros organismos, incluyendo seres humanos (Giannuzzi, 2009; UNESCO, 2009).

Estas proliferaciones masivas de fitoplancton se deben al arrastre de nutrientes provenientes de descargas de aguas residuales no tratadas, prácticas agrícolas inadecuadas, entre otras, desde diversas áreas de la cuenca de un embalse. Esto genera una sobre abundancia de nutrientes en este embalse, lo cual favorece la proliferación masiva de cianobacterias y otros organismos

del fitoplancton, produciendo el fenómeno de eutrofización, este fenómeno ocurre a nivel mundial.

A nivel mundial, diversos autores han documentado incidentes de intoxicación relacionados a floraciones fitoplanctónicas (Carrasco, 2007), especialmente de organismos pertenecientes a la división Cyanophyceae, por lo cual su vigilancia, control y monitoreo se vuelve de gran importancia para nuestro país.

Ante esta problemática y reconociendo la potencialidad tóxica que poseen estos organismos, la presente investigación planteó identificar el tipo de organismos que proliferan en el embalse, el comportamiento de las características fisicoquímicas que contribuyen a que estas se desarrollen y de qué manera este comportamiento afecta el estado trófico del embalse.

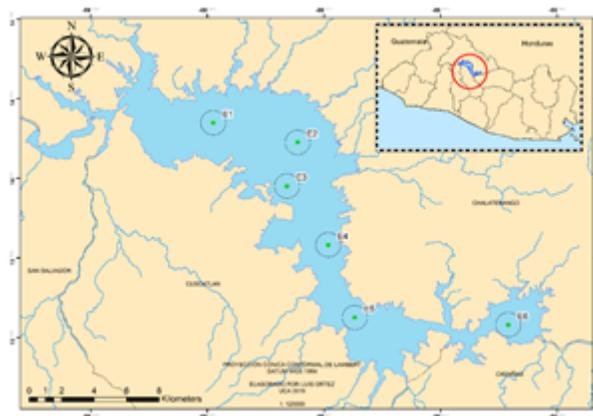
Metodología

El proyecto de investigación realizó el monitoreo mensual del comportamiento de la comunidad fitoplanctónica durante el período comprendido de octubre del 2018 a septiembre del 2019, abarcando distintas etapas del año hidrológico; se realizó la identificación y cuantificación de la comunidad de cianobacterias presentes en el embalse, además de realizar el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos que afectan directamente su desarrollo.

Área de estudio

El embalse Cerrón Grande se encuentra ubicado a 78 km de San Salvador, sobre el río Lempa, entre los departamentos de San Salvador, Chalatenango y Cuscatlán. En la Figura 1 se puede observar la ubicación de las estaciones de muestreo al interior del embalse.

Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo



Determinación de la calidad del agua

En cada punto de muestreo se realizó la medición in situ de los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, penetración de luz (Lectura de disco Secchi); para lo cual se tomaban 100 ml de muestra (superficial y a 2.5 m de profundidad), en los cuales se introducían los sensores, previamente calibrados en el

laboratorio, y se anotaba la lectura en las bitácoras de campo.

Se recolectaron muestras de agua empleando una botella tipo van Dorn horizontal, modelo Alfa 2.2 L de la marca Wildco® a 2.5 m de profundidad; y almacenadas en botellas de poliuretano de 2.0 L a 4 °C durante su traslado al laboratorio. En el laboratorio se determinaron los parámetros de nitrógeno total, fósforo y

clorofila bajo las normas de APHA AWWA WEF (1995). Con estos valores se procedió al cálculo del índice de estado trófico (TSI) de Carlson (1977), Lamparelli (2004) y el propuesto por Cunha y otros (2013) para embalses tropicales.

Muestras de fitoplancton

Se recolectaron muestras a profundidad de fitoplancton en cada sitio de muestreo, utilizando una botella van Dorn, las cuales posteriormente fueron fijadas con lugol al 3%. Las muestras fueron analizadas siguiendo la metodología sugerida por Reguera y otros (2011). Se estimó la abundancia de cada taxón de fitoplancton en términos de número de células por unidad de volumen (células/mL). Para la identificación taxonómica se utilizó la guía de Prescott (1982) y el Manual de la UNESCO para América Latina y el Caribe (UNESCO, 2009).

Los resultados de los parámetros físico-químicos fueron sometidos a un análisis de componentes principales para identificar la respuesta de los grupos de fitoplancton al gradiente ambiental

generado por los factores físico-químicos. Para este análisis, los datos de fitoplancton fueron transformados al logaritmo natural con la finalidad de disminuir la influencia de los taxones dominantes.

Resultados

Variables físico-químicas y estado trófico

Se analizó un total de 63 muestras para fósforo, nitrógeno y clorofila "A", de las cuales se presenta un resumen en la Tabla 1. La relación N:P fue siempre superior a 30, lo cual indica que el elemento limitante dentro del sistema es el fósforo (Brezonik, 1984), el cual tuvo su máxima concentración en junio de 2019, coincidiendo con las concentraciones celulares máximas de cianobacterias. El cálculo del TSI para el embalse Cerrón Grande, en promedio, tiene un valor de 58.48 según el índice de Carson, 52.13 según el índice de Lamparelli (2004) y de 56.75 según el índice de Cunha y otros (2013), (TSI_{tsr}) para embalses tropicales y subtropicales, lo que le da una categoría promedio de eutrófico.

Tabla 1. Resumen de variables fisicoquímicas del agua

Estadístico	SECCHI (cm)	Nitrógeno (mg/L)	Fósforo (mg/L)	N:P	Clorofila "A" (ug/L)
Mínimo	9,00	8,21	0,002	81,26	4,99
Máximo	263,00	31,37	0,245	12322,80	151,21
Media	102,19	19,26	0,045	962,60	31,44
Desviación estándar	54,53	5,27	0,043	1719,45	22,84

Composición y abundancia del fitoplancton

En términos generales, el grupo de fitoplancton más abundante del embalse Cerrón Grande fue el de las cianobacterias (Cyanophyceae), constituyendo el 98.61% de la abundancia total reportada para el período de muestreo, dentro de este grupo el género más abundante fue *Microcystis*, seguido de *Anabaena*, cuyas concentraciones celulares, en promedio, fueron

mucho mayores y menos variables durante la época lluviosa, llegándose a obtener densidades de hasta 5×10^6 cel/ml de *Microcystis* en el mes de junio de 2019; dicha densidad celular es suficiente para categorizarla como una proliferación algal (OMS, 1999; Gianuzzi, 2009; UNESCO 2009). Estas abundancias tuvieron lugar en las estaciones influenciadas por las descargas de ríos altamente contaminados del sector noroeste del embalse, mientras que las zonas lejanas a las descargas de estos,

sector sureste (dique de la presa) presentaron bajas concentraciones de cianobacterias, encontrándose en estos sitios mayor abundancia de organismos pertenecientes al Phylum Bacillariophyta; por lo tanto, la distribución de la proliferación no es homogénea en el embalse.

Relación entre clases de fitoplancton y variables físico-químicas

El comportamiento de los parámetros físico-químicos fue evaluado a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP), para el cual, se evaluaron los siguientes parámetros: Disco Secchi (DS), lluvia (mm), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura, concentración celular (cel/ml), concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P). El test de medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin indicó que la relación entre las variables es baja ($\text{KMO} = 0,6$), sin embargo, al evaluar la significancia estadística de dicha prueba mediante la prueba de esfericidad de Bartlett, se demostró que es significativa ($P < 0,05$), por lo que se decidió efectuar el ACP.

Respecto al comportamiento de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el embalse, el ACP explicó el 50.23% de la variabilidad de dichos datos, por medio de los componentes 1 (25.2%) y 2 (25.03%). En el componente 1 se asociaron positivamente las variables lluvia y temperatura, mientras que de forma negativa se asociaron el nitrógeno y el pH; por otro lado, en el componente 2, las variables fósforo y conductividad eléctrica se asociaron positivamente y disco Secchi se asoció de forma negativa.

El comportamiento temporal de los parámetros físico-químicos se pudo observar a partir de la distribución de los meses en el plano de ordenación, el cual agrupó a los meses de la estación lluviosa en los grupos 1 y 2 y a los de la estación seca en los grupos 3 y 4 con la excepción del mes de agosto, el cual corresponde a la época lluviosa, aunque durante el 2019, presentó valores de lluvia en promedio mensual menores a los históricos.

Puntualmente, sobre el género *Microcystis*, había sido identificado el dominante en el embalse Cerrón Grande, indicando un estado de eutrofización, junto con parámetros ambientales asociados (Mariona, 2013). Generalmente, la proliferación de esta especie en cuerpos de agua dulce se relaciona con el aumento de la estabilidad de la columna de agua, lo que favorece los procesos de sedimentación, sumado a altas temperaturas y disponibilidad de nutrientes. Es importante mencionar que las especies del género *Microcystis* han sido reportadas como productoras de toxinas que pueden ser dañinas para el ser humano y tener efectos negativos sobre los sistemas acuáticos (Gianuzzi, 2009). Considerando esto y la alta densidad celular encontrada en el embalse, se puede afirmar que estas observaciones corresponden a una proliferación algal nociva de alto riesgo para el consumo humano de acuerdo a criterios de la UNESCO (2009) y de la Organización Mundial de la Salud (1999).

Referencias bibliográficas

- Carlson, R. E.** (1977). *A trophic state index for lakes*. *Limnology and Oceanography*. 22 (2), pp. 361- 369.
- Carrasco, D.** 2007. *Cianobacterias planctónicas y cianotoxinas En embalses españoles*. Memoria doctoral. Madrid.
- Cunha, D. G. F., do Carmo Calijuri, M., Lamparelli, M. C.** (2013). A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). *Ecological Engineering* (60), pp. 126-134.

Fernandes Cunha, D., do Carmo Calijuri, M., & Lamparelli, M. (2013). A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs. *Ecological Engineering* (60), pp. 126-134.

Giannuzzi, L. (2009). *Cianobacterias y cianotoxinas. Identificación, Toxicología, Monitoreo y Evaluación de Riesgo*. Buenos Aires, Argentina: Gobierno de la Provincia de Corrientes.

Lamparelli, M. C. 2004. *Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento*. São Paulo: Universidade de São Paulo, pp. 235 p.

Prescott, G. W. (1982). *Algae of the Western Great Lakes Area*. Germany: Otto Koeltz Science Publisher.

UNESCO. (2009). *Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Montevideo, Uruguay: UNESCO. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe.