

IMPACTO MICROBIOLÓGICO EN EL MAR DE DESCARGAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PUEBLO DE MOCHIMA, PARQUE NACIONAL MOCHIMA, EDO. SUCRE, VENEZUELA

Microbiological impact on the sea of wastewater
discharges from the treatment plant of the town of Mochima,
Mochima National Park, Sucre State, Venezuela

Rubén Torres¹, Eliaira Rodríguez^{2}, César Rivera²,
Laynet Puentes² y Ruth Rojas²*

¹Laboratorio de Ecología de Sistemas Acuáticos (Plancton), Centro de
Ecología y Evolución, Instituto de Zoología y Ecología Tropical,
Facultad de Ciencias, UCV. Apartado Postal 20513.

²Dirección de Energía y Ambiente, Fundación Instituto de
Estudios Avanzados (IDEA). Apartado Postal 10810.*eliaira@gmail.com

RESUMEN

El pueblo de Mochima, ubicado en el Parque Nacional Mochima, edo. Sucre, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas constituido por una serie de lagunas de estabilización y cuyos efluentes descargan en el mar. Este sistema carece de la evaluación continua de su funcionamiento y control oficial, así como cumplimiento de las normativas legales vigentes referentes a las descargas de los efluentes en el medio marino. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto microbiológico de las descargas de la planta de tratamiento en el mar. Las muestras fueron tomadas en el mes de octubre de 2022, en las lagunas de la planta de tratamiento y desembocadura de la misma en el mar. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos in situ. Se determinó el NMP de coliformes totales y fecales. El conteo y taxonomía de especies fitoplanctónicas también fueron realizados. Se encontraron valores de coliformes en la bahía que superan lo establecido en el decreto 883 para aguas destinadas al contacto humano parcial o total. Siete (7) especies de cianobacterias fueron identificadas, de las cuales cinco (5) son productoras de cianotoxinas. Las especies con mayor densidad poblacional fueron *Chroococcus minutus* (6,28 x 10⁴ cél./ml) y *Microcystis aeruginosa* (3,77 x 10³ cél. /ml). La falta de mantenimiento de la planta y su descarga continúa en la zona interna de la bahía de Mochima, generando un impacto negativo en la biota marina costera por condiciones estuarinas e invasión de cianobacterias tóxicas.

Palabras clave: bacterias coliformes, cianobacterias, Mochima, aguas residuales.

Keywords: coliformes bacteria, Cyanobacteria, Mochima, wastewater.

INTRODUCCIÓN

La bahía de Mochima cuenta con una diversidad de vida marina elevada y un gran potencial turístico por sus playas y paisajes. En su boca ocurre el fenómeno de surgencia en forma periódica durante los meses de sequía, esto debido a la fuerza de los vientos alisios del noreste (González *y col.*, 2006).

La comunidad cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas constituido por una serie de lagunas de estabilización y cuyos efluentes descargan en el mar. Este sistema carece de evaluación continua de su funcionamiento y control oficial, así como de cumplimiento de las normativas legales vigentes referentes a las descargas de los efluentes en el medio marino. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto microbiológico de las descargas de la planta de tratamiento en el mar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La bahía de Mochima se ubica en el Parque Nacional Mochima (PNM), región Nororiental de Venezuela, entre las poblaciones de Puerto La Cruz y Cumaná. Sus coordenadas geográficas son 64° 19' - 64° 22' longitud Oeste y 10° 20' - 10° 24' latitud Norte (Kato, 1961; Okuda *y col.*, 1968) (Figura 1A).

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas de la comunidad de Mochima está constituido por un colector de 250 mm de diámetro que conduce las aguas residuales a una unidad de desbaste, de donde es bombeada a 2 tanques sépticos (L1 en la figura 1B). De allí el efluente pasa a lagunas seriadas de estabilización (L2, L3, L4, L5 y L6 en la Figura 1B) con una superficie de 2.477 m², profundidad promedio de 1,30 m y volumen de 2.882 m³, equivalente a un tiempo de retención de 14,4 días a pleno servicio. Los efluentes de este sistema eran descargados continuamente a la bahía a una profundidad de 12 m, mediante una tubería submarina de hierro dúctil de 150 mm de diámetro y 150 m de largo, con una capacidad de 13 L/s. En el año 2022 esta tubería fue cortada a una distancia de 20 m de la costa y a 2 m de profundidad.



Figura 1. (A) Ubicación geográfica y (B) Vista aérea, con señalización de las lagunas y esquema del tubo de desagüe de la de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Mochima, edo. Sucre (Fuente Google Earth, 2023).

Trabajo de campo. Las muestras fueron tomadas en el mes de octubre de 2022. El muestreo se realizó en la superficie empleando botellas de captación de 1L, en las lagunas de estabilización L2 y L6 y en la desembocadura de la planta en el mar. Se determinaron parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, sólidos disueltos totales y conductividad) *in situ* con una sonda multiparamétrica portátil (Modelo pH-3508).

Trabajo de laboratorio. Se determinó el NMP (número más probable) de coliformes totales y coliformes fecales según la Norma COVENIN 1104:1996. El recuento de mesófilos aerobios fue llevado a cabo en placas de LB (del inglés *Lysogeny Broth*) de Bertani (1951) y de hongos y levaduras en placas de PDA (del inglés *Potato Dextrose Agar*), a los fines de obtener una estimación relativa del título microbiológico (UFC, unidades formadoras de colonias). El fitoplancton fue cuantificado e identificado en un microscopio invertido LEICA DMIL.

RESULTADOS

En las Tablas 1 y 2 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos determinados y los resultados de los análisis bacteriológicos de dos de las lagunas del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Mochima y en la descarga del mismo al mar. Las aguas se encuentran alrededor de la alcalinidad, temperaturas cálidas y conductividades altas en las lagunas de oxidación (Tabla 1). Los coliformes totales y fecales fueron más densos en las lagunas que en la desembocadura, al igual que mesófilos, hongos y levaduras (Tabla 2).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos determinados en los ambientes muestreados.

Muestra	pH	Temperatura (°C)	Sólidos disueltos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)
Laguna 2	8,27	29,8	43,8	630
Laguna 6	9	30,0	48,0	695
Descarga	8,1	30,2	50,0	--

Tabla 2. Parámetros bacteriológicos determinados en los ambientes muestreados.

Muestra	Coliformes totales NMP/100 ml	Coliformes fecales NMP/100 ml	Mesófilos aerobios UFC/100 ml	Hongos y levaduras UFC/100 ml
Laguna 2	>1.100	>1.100	6400x10 ⁴	1400x10 ⁴
Laguna 6	>1.100	>1.100	1700x10 ⁴	800x10 ⁴
Descarga	1.100	1.100	12x10 ⁴	3x10 ⁴

La Tabla 3 muestra las especies de cianobacterias identificadas en ambos ambientes. De un total de siete (7) especies, seis (6) fueron identificadas en la laguna 6, mientras que en la desembocadura se hallaron cuatro (4). Comunes a ambos ambientes fueron las especies *Chroococcus minutus*, *Lyngbya lutea* y *Merismopedia glauca*. En cuanto a

las densidades poblacionales, *C. minutus* alcanzó un valor de $6,28 \times 10^7$ cél./L en la laguna de oxidación (laguna 6). Muy por debajo de este valor se encuentra la segunda especie más abundante, *Microcystis aeruginosa* con $3,77 \times 10^6$ cél./L. El resto de las especies están por debajo de $4,00 \times 10^5$ cél./L, aunque en términos generales son más numerosas en la laguna de oxidación que en la desembocadura. En la desembocadura (bahía de Mochima), *C. minutus* domina con una población de 10×10^6 cél./L, siendo menor que en la laguna, aunque todavía dentro de valores de floración.

Tabla 3. Especies de cianobacterias identificadas en los ambientes muestreados y sus densidades poblacionales (cél./L).

Especie	Laguna 6	Desembocadura
<i>Chroococcus minutus</i>	$6,28 \times 10^7$	$10,00 \times 10^6$
<i>Lyngbya lutea</i>	376.800	50.240
<i>Merismopedia glauca</i>	125.600	50.240
<i>Microcystis aeruginosa</i>	3.768.000	0
<i>Oscillatoria limosa</i>	125.600	0
<i>Oscillatoria tenuissima</i>	125.600	0
<i>Phormidium tenue</i>	0	50.240

Otras especies fitoplanctónicas encontradas en la desembocadura pertenecientes a otros grupos taxonómicos fueron las diatomeas y euglenofitas, siendo muy escasas. Entre las primeras se encontraron *Navicula cancellata* y *Nitzschia closterium*, y entre las segundas *Trachelomonas hispida*.

DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos determinados en los ambientes estudiados cumplen con los valores establecidos en el Decreto 883 (Gaceta Oficial Extraordinaria de la República de Venezuela: 5.021). Sin embargo, los valores de coliformes totales en la laguna 6 de la planta de tratamiento, la cual descarga directamente al mar, superan lo establecido en este decreto para las descargas al medio marino costero. Por otra parte, los resultados de coliformes totales y coliformes fecales en la bahía superan lo establecido en el Decreto 883 para aguas Tipo 4 (Aguas destinadas para el contacto humano parcial o total). Los recuentos microbiológicos evidencian una remoción de organismos mesófilos aerobios del 73,44% y de hongos y levaduras de 42,86% por parte del sistema de tratamiento.

Todas las especies de cianobacterias identificadas son fitoplanctónicas, sus adaptaciones a la flotabilidad de carácter fisiológico (vesículas de gas) y morfológico (formación de colonias y filamentos) les permite retrasar la velocidad de hundimiento o sedimentación. De las especies identificadas,

Chroococcus minutus, *Lyngbya lutea*, *Merismopedia glauca* y *Mycrocystis aeruginosa* coinciden con las reportadas por Rivera (2018) para el sistema de tratamientos.

La densidad poblacional de *C. minutus* en la laguna de oxidación (L6), corresponde a lo que se denomina una floración o superpoblación típica de ambientes eutrofizados. *C. minutus* domina en la descarga, aunque la densidad poblacional sea menor que en la laguna 6, continúa siendo una población elevada, todavía dentro de valores de floración. En este caso puede haber un efecto de dilución y de la salinidad mayor del ambiente marino. La comunidad fitoplanctónica encontrada en la zona de descarga tuvo una riqueza notablemente inferior a las reportadas por Expósito (1997) y Benítez (2018), este último reportó 17 especies, pertenecientes a los taxa Cyanobacteria, Bacillariophyta y Dinoflagellata.

Las diatomeas encontradas en la desembocadura, salvo *N. closterium*, provienen de agua dulce, posiblemente eurihalinas al tolerar la mayor salinidad del ambiente de la bahía (González y col., 2006). El área de la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales se ha convertido en un ambiente con características estuarinas, correspondiente a una zona de mezcla en la parte interna de la bahía. Esto último lo hace un lugar de gran perturbación, por la variación de salinidad que genera, lo que explica en buena medida la riqueza tan baja, ya que las especies deben adaptarse y prosperan especies eurihalinas (Sommer, 2012).

Es indiscutible que hay contaminación del medio acuático de la bahía y poca efectividad del proceso de tratamiento de las aguas residuales que llegan a la planta. La falta de mantenimiento de la planta y su descarga continua en la zona interna de la bahía de Mochima está generando un impacto negativo en la biota marina costera con condiciones estuarinas e invasión de cianobacterias tóxicas, tal cual lo revela Rivera (2018) en su investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología de Venezuela, en el marco del Proyecto Fonacit N° 015-2022 titulado Desarrollo de bioproductos con alto valor económico en procesos industriales y saneamiento ambiental.

LITERATURA CITADA

Benítez, D. 2018. Efecto de la descarga de una planta de tratamiento de aguas residuales sobre el fitoplancton de la bahía de Mochima (Edo. Sucre). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 102 pp.

- Bertani, G. 1951. "Studies on lysogenesis. I. The mode of phage liberation y lysogenic *Escherichia coli*." *J. Bacteriol.* 62 (2): 293-300.
- Expósito, N. 1997. Estudios de los efectos de las descargas de una laguna de oxidación sobre las comunidades planctónicas en la bahía de Mochima (Edo. Sucre). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 154 pp.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. 1995. Decreto Número 883: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta Oficial Extraordinaria de la República de Venezuela: 5.021.
- Norma Venezolana COVENIN 1104. 1996. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli*. 2da Revision.
- Kato, K. 1961. Some aspects on biochemical characteristics of sea water and sediments in Mochima Bay, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 1(2): 343-358.
- González, F., E. Zoppi de Roa y E. Montiel. 2006. Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar., Valparaíso* 34(2): 37-45.
- Okuda, T., A. Benítez, A. García y E. Fernández. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas de la Bahía de Mochima y La Laguna Grande del Obispo desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 7: 7-37.
- Rivera, C. 2018. Cianobacterias y cianotoxinas presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Mochima, estado Sucre. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 75 pp.
- Sommer, U. 2012. Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities. Springer Science & Business Media, USA. 369 pp.