

“Alianza universidad-empresa-estado como estrategia para el estudio de remoción de microcistinas en un purificador de agua de uso doméstico”.

Bazán, Raquel del V.^a; Ruiz, Marcia A.^{b, c}; Díaz Lesta, Alejandro^{b, c}; Lizarraga, Sebastián^d; Torti, Horacio^d; Ruibal Conti, Ana L.^{b, c}

a Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

b Universidad Católica de Córdoba. Facultad de Ciencias de la Salud.

c Instituto Nacional del Agua-Subgerencia de la Región Semiárida.

d Pugliese S.A.

raquel.bazan@unc.edu.ar

Resumen

En el contexto actual, caracterizado por una coyuntura económica, crear entornos colaborativos que promuevan la sinergia y el aprovechamiento de las fortalezas institucionales es clave para que los proyectos de investigación respondan a soluciones o necesidades del entorno. En este sentido, se firmó en el año 2023 un convenio entre la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Católica de Córdoba y la empresa Pugliese S.A. Además, se contó con la participación del Instituto Nacional de Agua a través de su subgerencia Centro de la Región Semiárida. En este trabajo se presenta la metodología y los resultados obtenidos en el ensayo realizado para evaluar la eficiencia de un equipo domisanitario, modelo Senior4®, para la remoción de microcistinas totales (MCs-T). La metodología se basó en la Norma IRAM 27300:2011 con modificaciones y constó de tres etapas: preparación del agua desafío a partir de floraciones de cianobacterias ocurridas en los embalses San Roque y Los Molinos de la provincia de Córdoba, ensayo de reducción del contenido de microcistinas y cálculo de la eficiencia de remoción en 4 etapas de la vida útil del purificador (0, 50 75 y 100% de agotamiento). Los resultados obtenidos demostraron que el purificador PSA-Senior4® tiene la capacidad de reducir la concentración inicial de MCs-T en el agua desafío entre un 80-40% de la concentración inicial dependiendo del grado de agotamiento del purificador.

Palabras clave: vinculación tecnológica, microcistinas totales, eficiencia en la remoción.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Córdoba se abastece de dos fuentes de agua superficiales, los embalses San Roque (ESR) y Los Molinos (ELM). Ambos, con recurrentes floraciones de cianobacterias que representan un riesgo para la salud pública debido a su capacidad de producir cianotoxinas, entre ellas las microcistinas. Estas toxinas podrían llegar al sistema de distribución de agua potable cuando el proceso de potabilización no es de alta complejidad y de esta manera estar presentes en el agua de los domicilios de los consumidores. Ante esta situación y la necesidad de la empresa Pugliese S.A. de evaluar la eficiencia de remoción de microcistinas totales (MCs-T) en uno de sus purificadores comerciales que ya se encontraba en el mercado, al momento de este estudio, en el año 2023 se firmó un convenio entre la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Católica de

Córdoba y la empresa Pugliese S.A. Además, se contó con la participación del Instituto Nacional de Agua a través de la Subgerencia Centro de la Región Semiárida.

Esta vinculación surge, por un lado, ante el desafío presupuestario para la determinación de MCs-T y ante la amplia experiencia (25 años) de las investigadoras de las universidades en el área de monitoreo de calidad de agua y eutrofización, por el otro. En el contexto actual, caracterizado por una coyuntura económica, se consideró oportuna dicha vinculación para crear entornos colaborativos que promuevan la sinergia y el aprovechamiento de las fortalezas institucionales. Es por ello, que la empresa Pugliese S.A. aportó los recursos necesarios para llevar adelante el estudio (insumos, materiales y el purificador a ensayar) y el Instituto Nacional de Agua aportó sus instalaciones y equipamiento para la determinación de MCs-T. Si bien la presencia de

microcistinas en el agua potable es poco frecuente, se conoce que tiene el potencial de afectar a una gran cantidad de personas (Wood, 2016). Por lo tanto, determinar la remoción de microcistinas totales en un purificador de uso doméstico podría tener un valioso impacto social en la población que se abastece de cuerpos de agua eutrofizados.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo fue evaluar la eficacia del purificador de agua modelo Senior-4® para la remoción de microcistinas totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología desarrollada se basó en la Norma IRAM 27300:2011 con modificaciones y constó de tres etapas: 1) Preparación del agua desafío, 2) Ensayo de reducción del contenido de microcistinas, 3) Análisis de la muestra pre y post filtrada y cálculo de la eficiencia de remoción.

1) Preparación del agua desafío: El agua desafío se preparó utilizando como metabolito de análisis concentraciones conocidas de microcistinas totales en aguas provenientes del ELM y del ESR de la provincia de Córdoba, ya que un patrón de microcistina-LR es altamente costoso y de limitada disponibilidad. Las muestras se tomaron entre febrero y diciembre del 2021 y se tuvo el resguardo de que no estuvieran en condiciones de senescencia. Luego, se realizó una extracción y purificación del metabolito MCs-T, concentrando la muestra por flotación utilizando ampollas de decantación y se conservaron en freezer. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de desfrizado/frizado que se repitió tres veces, para romper las células y que se liberen las microcistinas en caso de que hubiere. Finalizado este proceso se filtraron por filtro de tela de 100 μm de diámetro de poro, luego por filtro de tela de 50 μm , y se centrifugaron (10 min, 5000 rpm). Se retiró el sobrenadante y se pasó por un filtro de fibra de vidrio de 0,65 μm de diámetro de poro, utilizando dos equipos de filtración con bombas de vacío (COMECTA-IVYMEN Modelo GM-0,50, 160W, 30L/min y PASCAL Modelo Px C 100 0,5HP, 0,5m³/h). Luego, las muestras filtradas se fraccionaron en envases de plástico de 200 mL y en viales de plástico y de vidrio de 5 y 2 mL, respectivamente y se frizaron nuevamente. Dichas muestras fraccionadas, al momento del análisis de MCs-T, se desfrizaron previamente. Luego se realizaron unas series de diluciones: 1/100, 1/1.000, 1/5.000, 1/10.000 y

1/20.000 a los fines de que las concentraciones se encuentren en el rango de la curva de calibración del método seleccionado. Sobre dichas diluciones se realizó un “screening” para evaluar la concentración de MCs-T y poder así seleccionar las muestras para preparar el agua desafío.

2) Ensayo de reducción del contenido de microcistinas: Una vez preparada el agua desafío, el ensayo de reducción consistió en pasar 10 L de la misma (contenida en tanque graduado de 20 L) a través del purificador modelo Senior-4® mediante el uso de una bomba (marca Pedrollo 0,37Kw, 0,5HP). Antes y después de pasar el agua por el purificador se tomaron muestras por duplicado para evaluar la concentración de MCs-T. Estas muestras se denominaron “pre-A y pre-B” y “post-A y post-B”, respectivamente. El procedimiento se realizó 4 veces a distintos porcentajes de agotamiento del equipo (0%, 50%, 75%) hasta el final de la vida útil del mismo (100%), es decir con el dispositivo agotado.

3) Análisis de la muestra pre y post filtrada y cálculo de la eficiencia de remoción: Del total de 19 muestras, se analizaron 16 según el volumen de concentrado obtenido. Se utilizaron 2 kits comerciales:

- Microcystest kit de tipo enzimático de Zeulab (rango 0,25 a 2,5 $\mu\text{g/L}$). Usado para el screening.
- b) (ADDA) (EPA ETV) (EPA Method 546), ELISA Kit, de Abraxis (rango 0,16 a 5,0 $\mu\text{g/L}$). Usado para el análisis de las muestras del ensayo de remoción.

Para el análisis (Figura 1) se siguió el procedimiento establecido por el fabricante.



Figura 1: (a) Preparación de las microplacas. (b) Siembra de las de las muestras.

Las muestras se leyeron a 405 nm y 450 nm, respectivamente para cada kit en un lector DIATEK DR-200Bs Microplate Reader. Las curvas de calibración y los resultados se procesaron en EXCEL®.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los datos obtenidos de concentraciones de MCs-T en las muestras antes y después del tratamiento para las diferentes etapas de

agotamiento del purificador Senior4®.

Tabla 1: Concentración de MCs-T ($\mu\text{g/L}$) en las muestras pre y post tratamiento en las diferentes etapas de agotamiento del purificador.

Agua desafío	Agotamiento vida útil del purificador			
	0 %	50 %	75 %	100 %
Pre-A	14,13	9,43	7,14	8,32
Pre-B	13,50	14,87	11,39	10,17
Post-A	0,63	4,71	3,43	4,43
Post-B	4,89	3,95	2,66	6,16

Se calculó el porcentaje de retención promedio de MCs-T en cada etapa de agotamiento de la vida útil del purificador (Figura 2).

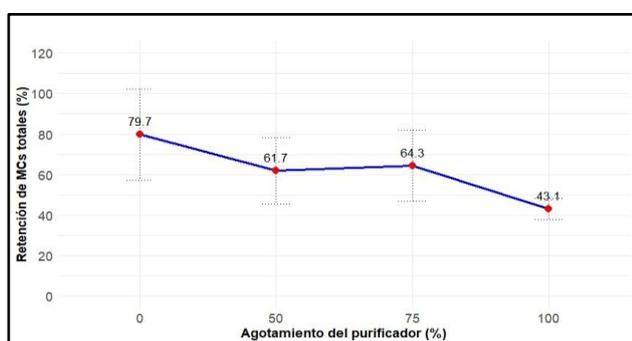


Figura 2: Porcentaje de retención promedio de MCs-T para cada etapa de agotamiento del purificador. (Las líneas verticales punteadas indican las desviaciones estándares).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se observó que al inicio el purificador puede remover en promedio el 80% de las MCs-T y que esta capacidad se reduce a medida que el mismo se agota, alcanzando al 75% de vida útil una remoción del 64%. Al final de vida útil (100%) se observa una saturación del equipo que podría mejorarse en ensayos futuros con retrolavados durante cada etapa de agotamiento.

Cabe mencionar que la concentración en el agua desafío de acuerdo a la Norma IRAM 27300:2011 es una concentración 10 veces mayor al nivel aconsejable según la OMS (2018) y Chorus y Welker (2021) de $1 \mu\text{g/L}$ de MC-LR para agua de bebida y de $1 \mu\text{g/L}$ de MCs-T establecido por Resolución 174/16 de la provincia de Córdoba, por lo cual se podría reflexionar que a menores concentraciones iniciales del metabolito, comunes en agua potable, el equipo purificador Senior4® podría removerlo alcanzando los niveles sugeridos o establecidos.

Además, se destaca que el Senior4® es un producto comercializado por la empresa Pugliese S.A. que actúa reduciendo niveles de ciertos contaminantes

como hierro, plomo, cloro y trihalometanos y gracias a la vinculación universidad-estado-empresa se pudo analizar su capacidad de retención de microcistinas y conocer que sería una posible solución frente a una problemática emergente como lo son las floraciones de cianobacterias.

Finalmente, ésta vinculación permitió acortar la brecha en las diferencias en los tiempos de trabajo académicos y corporativos. No obstante, se aprendió que la implementación de una cultura de colaboración puede superar ese desafío.

BIBLIOGRAFÍA

Chorus, I., & Welker, M. (2021). Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management (p. 858). Taylor & Francis.

IRAM 27300. Norma Argentina. Primera edición. 23/09/2011. Dispositivos de acondicionamiento de agua de red domiciliaria. Anexo E Requisitos. pp27.

Resolución 174/16: Normas Provinciales de Calidad y Control de Aguas para Bebida. Córdoba, Argentina. Agosto 2016. 149 pp.

OMS (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018. Catalogación (CIP): Puede consultarse en <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

Resolución 174/16: Normas Provinciales de Calidad y Control de Aguas para Bebida. Córdoba, Argentina. Agosto 2016. 149 pp.

Roslyn Wood, Acute animal and human poisonings from cyanotoxin exposure — A review of the literature, Environment International, Volume 91, 2016, Pages 276-282, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.026>.