

Evaluación del sistema de microburbujas en la reducción de coliformes termotolerantes de origen hídrico

Evaluation of the microbubble system in the reduction of thermotolerant coliforms of water origin

Basilio-Rojas, Mónica Caroline ^{1,a}, Larota-Ancasi, Katherine Smith ^{1,a}, Ramos-Matienzo, Talia ^{1,a}

¹ Universidad Nacional del Callao

^a Bachiller en Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales

Información del artículo

Citar como: Basilio-Rojas MC, Larota-Ancasi, KS, Ramos-Matienzo, T. Evaluación del sistema de microburbujas en la reducción de coliformes termotolerantes de origen hídrico. *Health Care & Global Health*.2023;7(2):45-50.

DOI: 10.22258/hgh.2023.72.154

Autor correspondiente

Mónica Caroline BasilioRojas
Dirección: Jr. Madre de Dios N° 3720
– San Martín de Porres. Lima, Perú.
Email: monicabasiliorojas.94@gmail.com
Teléfono: 980678430

Historial del artículo

Recibido: 08/05/2023
Aprobado: 03/12/2023
En línea: 20/12/2023

Financiamiento

Autofinanciado.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto del sistema de microburbujas en la reducción de coliformes termotolerantes de origen hídrico. **Materiales y métodos:** Estudio cuantitativo experimental. La población estuvo constituida por el espejo de agua ubicado en los Humedales de Ventanilla (HV), Región Callao. La muestra fue no probabilística, el volumen usado fue de 117,5 L. **Resultados:** Fueron 27 muestras de agua que pasaron por el sistema de microburbujas para su tratamiento. La muestra inicial del agua de los HV presentó una concentración de coliformes de 1700 NMP/100 mL. La mediana de concentración de coliformes termotolerantes después de pasar por el sistema de microburbujas fue de 450NMP/100 mL. La mediana de concentración de coliformes en las muestras de agua que fue tratada en el sistema de microburbujas durante 30 minutos (200 NMP/100 mL) fue menor en relación con el tiempo de contacto de 15 y 45 minutos, respectivamente. Además, la mediana de concentración de coliformes en las muestras de agua tratada a una presión de 40 PSI y de 50 PSI fue de 450 NMP/100 mL siendo menor que cuando se aplicó una presión de 60 PSI. La mediana de la concentración de coliformes termotolerantes en las muestras tratadas por el sistema de microburbujas es diferente en los tres grupos de tiempo evaluados (p-valor < 0,05), alcanzando su concentración más baja al tiempo de contacto de 30 min. **Conclusiones:** El sistema de microburbujas disminuye la concentración de coliformes termotolerantes. El tiempo de contacto en el sistema de microburbujas tiene un efecto significativo en la reducción de la concentración de coliformes.

Palabras clave: Descontaminación del Agua, Humedales, Microburbujas, Perú (Fuente: DeCS, BIREME).

Abstract

Objective: Evaluate the effect of the microbubble system on the reduction of thermotolerant coliforms of water origin. **Materials and methods:** Experimental quantitative study. The population was made up of the water body located in the Ventanilla Wetlands (HV), Callao Region. The sample was non-probabilistic, the volume used was 117.5 L. **Results:** There were 27 water samples that passed through the microbubble system for treatment. The initial HV water sample presented a coliform concentration of 1700 NMP/100 mL. The median concentration of thermotolerant coliforms after passing through the microbubble system was 450NMP/100mL. The median concentration of coliforms in the water samples that was treated in the microbubble system for 30 minutes (200 NMP/100 mL) was lower in relation to the contact time of 15 and 45 minutes, respectively. Furthermore, the median concentration of coliforms in the water samples treated at a pressure of 40 PSI and 50 PSI was 450 NMP/100 mL, being lower than when a pressure of 60 PSI was applied. The median concentration of thermotolerant coliforms in the samples treated by the microbubble system is different in the three time groups evaluated (p-value < 0.05), reaching its lowest concentration at the contact time of 30 min. **Conclusions:** The microbubble system reduces the concentration of thermotolerant coliforms. The contact time in the microbubble system has a significant effect on reducing coliform concentration.

Keywords: Water Purification, Wetlands, Microbubbles; Peru (Source: MeSH, NLM).



Introducción

Los humedales son superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, que alberga comunidades biológicas características y que proveen servicios ecosistémicos⁽¹⁾. En el Perú, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley N.º 29895, son ecosistemas frágiles, y “el Estado reconoce su importancia como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos”⁽²⁾.

En el planeta, los humedales representan 12,1 millones de kilómetros cuadrados; sin embargo, solamente el 18 % de estos están protegidos. Asimismo, más del 80% de las aguas residuales, sin un previo tratamiento adecuado, se vierten a estos ecosistemas. Esta situación es preocupante, dado que más de mil millones de personas en el mundo dependen de los humedales para su subsistencia, así como el 40 % de las especies de la tierra, ya sea directa o indirectamente⁽³⁾.

Según el diagnóstico general de los humedales, realizado por el Ministerio del Ambiente MINAM, se indica que la degradación de estos ecosistemas se da por la fragilidad que presentan, que aumenta su vulnerabilidad frente a la presión originada por los fenómenos naturales y origen antrópico (actividades extractivas y ocupación urbana). A esto se suma la débil institucionalidad del Estado y el insuficiente marco normativo para la gestión y conservación de los humedales, así como la coordinación desarticulada y debilitada entre los sectores y los niveles de gobierno; además de la falta de inclusión de los valores sociales, económicos y culturales, con el fin de promover la gestión sostenible de estos ecosistemas⁽¹⁾.

El Área de Conservación Regional (ACR) “Humedales de Ventanilla”, representa un ecosistema alterado debido a que sus aguas registran altas concentraciones de coliformes termotolerantes y totales, así como la presencia de *Escherichia coli*⁽⁴⁾⁽⁵⁾. Esta situación posiblemente se esté originando por los vertimientos de aguas residuales, la presencia de heces de animales y residuos sólidos, lo cual genera un riesgo a la biota acuática y terrestre, y a la salud pública de los pobladores que tienen contacto con sus aguas, como fuente recreativa y extractiva; asimismo, podría convertirse en una potencial fuente para la proliferación de enfermedades.

Para revertir este escenario y lograr una de las metas propuestas en el Objetivo 6, Agua Limpia y Saneamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas⁽⁶⁾, es de importancia restaurar las cualidades funcionales de los humedales, permitiendo el consumo de agua directa o indirecta de los humedales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del sistema de microburbujas en la reducción de coliformes termotolerantes de las aguas del Área de Conservación Regional “Humedales de Ventanilla”, ubicado en la Región Callao.

Materiales y métodos

Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, de diseño experimental.

Obtención de la muestra

La muestra de agua se obtuvo del espejo de agua ubicado cerca del canal central 4 del ACR Humedales de Ventanilla (Figura 1), el mismo que presentó las mayores concentraciones de coliformes fecales, según la investigación “Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, Región

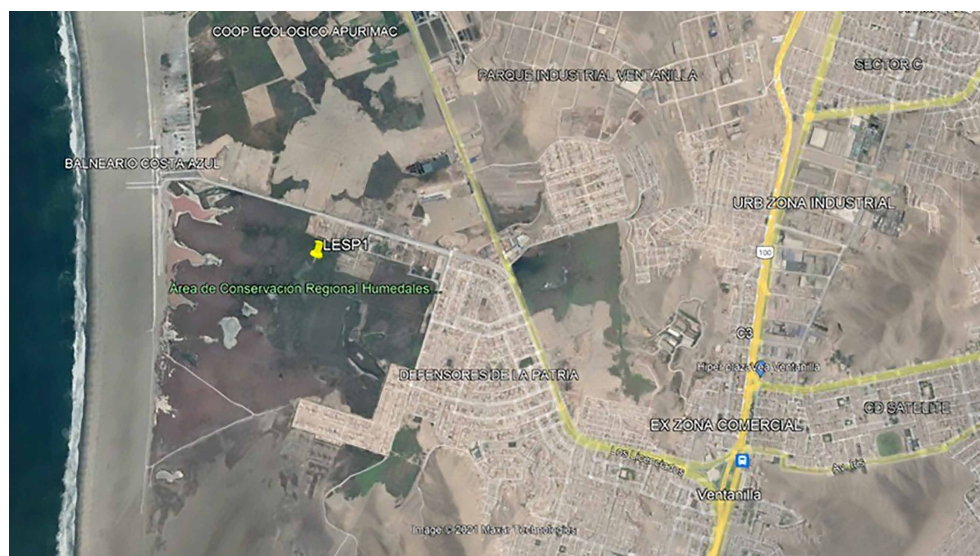


Figura 1. Ubicación del espejo de agua con codificación LESP1 coordenadas UTM WGS 84 en Zona 18 S, Este: 266066, Norte: 8686408

Callao, Perú" realizada por Fajardo ⁽⁶⁾. El volumen estimado del espejo de agua es de 5750 m³ aproximadamente.

El muestreo fue no probabilístico obtenida en el espejo de agua antes indicado. El volumen usado fue de 117, 5 L, de los cuales 0,5 L se obtuvo para la muestra inicial. Para cada tratamiento en el sistema de microburbujas se utilizó 13 L, siendo en total 9 tratamientos del agua residual.

Procedimientos experimentales

Fase Pre experimental

El sistema de microburbujas implementado (Figura 2 y Figura 3) consistió en un recipiente con una capacidad de 50 litros, el cual se conectó a una bomba centrífuga de 0,5HP (horsepower) regulada mediante una válvula. Después de pasar por la bomba, el agua fluye a través de una línea principal y retorna al recipiente inicial. Esta línea principal fue ensamblada junto con un tubo Venturi, tres manómetros y una unidad de mantenimiento para obtener una presión de entrada del aire constante en cada tratamiento. Además, se incorporaron válvulas para ajustar el caudal. Durante el funcionamiento del Venturi, tanto el aire como el líquido se transfieren simultáneamente a través del tubo Venturi, y la reducción de presión que conduce a la formación de microburbujas se logra acelerando la velocidad del flujo debido al estrechamiento del diámetro en la zona convergente cónica.

Fase experimental

En esta fase se realizó la recolección y toma de muestra de agua, cumpliendo con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural No. 010-2016-ANA⁽⁷⁾. La recolección de las muestras de agua, el tratamiento por el sistema de microburbujas y su respectivo envío al laboratorio acreditado para su análisis se realizó en un periodo de 7 meses.

En el ACR Humedales de Ventanilla se realizó el reconocimiento del entorno y se registraron las características atípicas, sobre la base del Anexo I del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales ⁽⁷⁾.

Además, se llevó a cabo el llenado de las cadenas de custodia entregadas por el laboratorio contratado, Certificaciones del Perú S.A. (CERPER); y posteriormente, fueron entregadas junto a la caja térmica con las muestras de agua. Es importante indicar que la recolección y toma de muestra fue realizada por los integrantes que conforman el presente estudio, quienes cuentan con certificados y experiencia en monitoreo de calidad ambiental.

La aplicación del sistema de microburbujas se realizó en 03 tiempos (15, 30 y 45 min), considerándose 03 réplicas para cada tiempo. Las corridas de las muestras de agua



Figura 2. Sistema de microburbujas

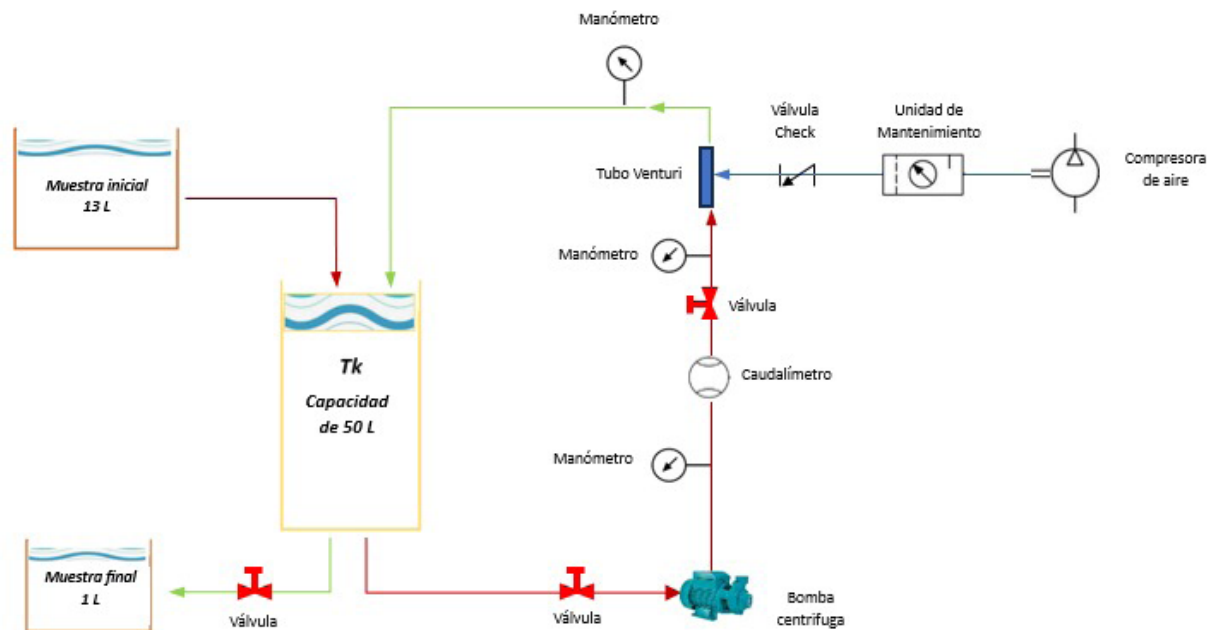


Figura 3. Diagrama Sistema de microburbujas.

provenientes del tratamiento se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional del Callao. Mientras que el análisis de las muestras finales estuvo a cargo de un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). En la Tabla 1 se muestran los recursos requeridos para evaluar los coliformes termotolerantes.

Análisis estadístico

Para el análisis descriptivo de los datos se calculó medidas de tendencia central y medidas de variabilidad. Las concentraciones de coliformes termotolerantes según el tiempo y la presión de aire aplicado en el sistema de microburbujas fueron representadas en diagrama de cajas.

Para determinar las diferencias de los tres grupos de prueba se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, considerando los valores de $p < 0,05$ como significativos. El programa estadístico empleado fue el IBM SPSS, versión 25.

Aspectos éticos

El presente estudio cumple con los principios establecidos en el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao⁽⁶⁾.

Resultados

La muestra inicial del agua del ACR Humedales de Ventanilla presentó una concentración de coliformes termotolerantes de 1700 NMP/100 mL. La cantidad de muestras de agua que ingresaron al sistema de microburbujas para su tratamiento fue de 27. Estas muestras, después de su tratamiento durante 15, 30 y 45 minutos respectivamente; y a una presión de 40 PSI, 50 PSI y 60 PSI; fueron analizadas en un laboratorio acreditado, obteniéndose una concentración media de coliformes termotolerantes de 527,48 NMP/100 mL, con una concentración mínima de 22 NMP/100 mL y máximo 1700

Tabla 1. Recursos requeridos para la evaluación de coliformes termotolerantes.

Parámetro	Unidad	Conservar/Preservar	Tiempo de almacenamiento	Recursos	
				Materiales	Equipos
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Dejar espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Preservación con tiosulfato de sodio al 3% y refrigerar <8° C	24 horas	28 recipiente de plástico estéril de 500 ml, etiquetado. 03 cajas térmicas 12 guantes descartables 03 mascarilla KN95 28 cadenas de custodia	Celular

Tabla 2. Resultados de coliformes termotolerantes por tratamiento de agua en el sistema de microburbujas.

Condiciones Operativas		Concentración Inicial (NMP/100 mL)	Concentración final (NMP/100 mL)
Presión del aire (PSI)	Tiempo de contacto (Minutos)		
40	15	1700	
40	15	1100	
40	15	450	
40	30	220	
40	30	200	
40	30	200	
40	45	450	
40	45	200	
40	45	780	
50	15	450	
50	15	450	
50	15	450	
50	30	40	
50	30	110	1700
50	30	40	
50	45	22	
50	45	450	
50	45	780	
60	15	1700	
60	15	780	
60	15	780	
60	30	680	
60	30	200	
60	30	680	
60	45	450	
60	45	200	
60	45	680	

NMP/100 mL. La mediana de las concentraciones de las muestras procesadas fue de 450 NMP/100 mL (Tabla 2).

La mediana de concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua que fue tratada en el sistema de microburbujas durante 30, 15 y 45 minutos fue de 200 NMP/100 mL, 780 NMP/100 mL y 450 NMP/100 mL, respectivamente ($p=0,009$; prueba H de Kruskal-Wallis) (Figura 4).

Por otra parte, la mediana de concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua que fue tratada en el sistema de microburbujas a una presión de 40, 50 y 60 PSI, fue de 450 NMP/100 mL, 450 NMP/100 mL y 680 NMP/100 mL, respectivamente ($p=0,115$; prueba H de Kruskal-Wallis) (Figura 5).

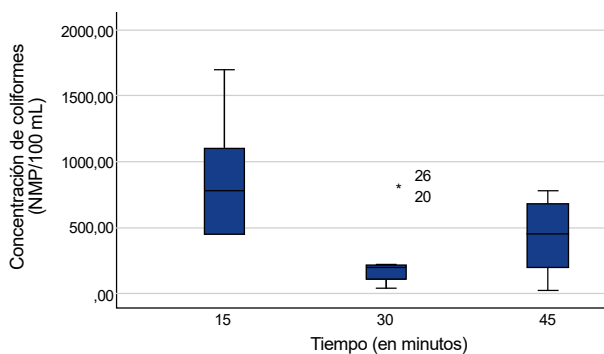


Figura 4. Concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según tiempo de contacto aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas.

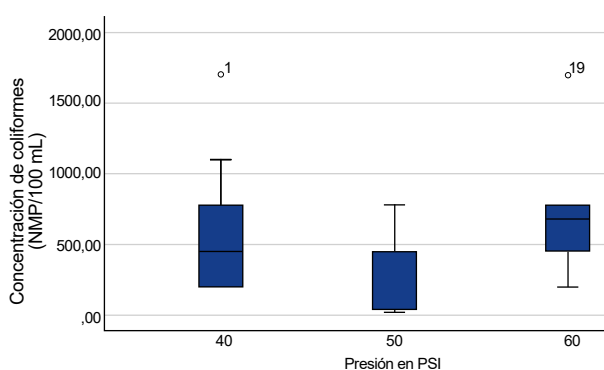


Figura 5. Concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas según presión de aire aplicada en el tratamiento del agua por el sistema de microburbujas.

Discusión

Al caracterizar la muestra inicial del agua del ACR Humedales de Ventanilla, se obtuvo una concentración de 1700 NMP/100 mL, la cual excede el Estándar de Calidad Ambiental para Agua Categoría 4 (conservación del ambiente acuático) que corresponde a 1000 NMP/100 mL.

En el presente estudio se encontró una concentración de coliformes termotolerantes en su nivel más bajo, cuando la muestra fue tratada por el sistema de microburbujas durante 30 minutos, obteniéndose una mediana de 200 NMP/100 mL. Este hallazgo coincide con la investigación de Atoche & Hilaquita ⁽⁹⁾, en que el tratamiento más óptimo sería a un tiempo de acción de microburbujas de Oxígeno por un lapso de 30 minutos. André Fernández ⁽¹⁰⁾, también obtuvo una reducción en la concentración de coliformes termotolerantes para un T=30 min de 79 NMP/100 mL y para un T=45 min de 20 NMP/100 mL.

Con respecto a la presión de aire del sistema de microburbujas, no se encontró diferencias significativas entre las concentraciones de coliformes termotolerantes en los tres grupos de presión de aire aplicadas al tratamiento del

agua. Este resultado contrasta con el estudio de Lafuente & López ⁽¹¹⁾, en el cual obtuvieron una reducción bacteriana de hasta un 99,5% con una presión de 3 bar (43,5 PSI) y un 72,8% para una presión de 2 bar (29 PSI).

Entre las fortalezas del estudio podemos resaltar que se trabajó con una mayor cantidad de muestras en comparación a los antecedentes previamente citados. Asimismo, a fin de controlar otras variables que pudieran influir en la reducción de los coliformes termotolerantes, se recomienda realizar la caracterización fisicoquímica de las muestras (tales como pH, Temperatura, oxígeno disuelto) a fin de evaluar la homogeneidad de las muestras iniciales y monitorear el comportamiento de estos parámetros en el tratamiento.

Referencias bibliográficas

1. Ministerio del Ambiente. Estrategia Nacional de Humedales [Internet]. 2015 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N%C2%B0-004-2015-MINAM2.pdf>
2. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Ley N.º 29895 [Internet]. 2018 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/oeffa/normas-legales/1218550-29895>
3. G Andrade, S Vilardy. Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina. 2020 [citado 7 de mayo de 2023]. Conservar los humedales es esencial para cumplir con los ODS - CODS. Disponible en: <https://cods.uniandes.edu.co/podcast-humedales-colombia-centro-desarrollo-sostenible/>
4. Rodríguez R, Retamozo-Chavez R, Aponte H, Valdivia E. Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecol Apl.* enero de 2017;16(1):15-21.
5. Fajardo Vidal NS. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú [Internet]. [Callao]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7738>
6. Naciones Unidas. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe [Internet]. Santiago de Chile: ONU; 2018 [citado 1 de marzo de 2023]. 93 p. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
7. Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales [Internet]. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA; 2016 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
8. Consejo Universitario. Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional del Callao [Internet]. Resolución del Consejo Universitario N° 210-2017-CU; 2017 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://unac.edu.pe/images/transparencia/documentos/resoluciones-consejo-universitario/2017/210-17-cu%20aprueba%20actualizacion%20codigo%20etica%20investigaciones%20anexo.pdf>
9. Atoche Saavedra EJ, Hilaquita Cruz BY. Diseño de box-behnken en la eficiencia del sistema venturi de nanomicroburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domésticas [Internet]. Universidad Peruana Unión; 2021 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4683>
10. Fernández Prada AZH. Recuperación de la calidad del agua de los humedales de Villa, Chorrillos mediante el uso de micro-nanoburbujas de aire - Lima 2019'. Repos Inst - UCV [Internet]. 2019 [citado 7 de mayo de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60984>
11. Flores EFL, Cevallos HAL. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. *Congr Cienc Technol ESPE* [Internet]. 23 de junio de 2018 [citado 7 de mayo de 2023];13(1). Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/808>
12. Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N°004-2017-MINAN: Aprueban estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen Disposiciones Complementarias [Internet]. El Peruano; 2017 [citado 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1529835-2>

Conclusiones

En el presente estudio se demostró que el sistema de microburbujas reduce la concentración de coliformes termotolerantes en las aguas procedentes de los humedales. El tiempo de contacto en el sistema de microburbujas tiene un efecto significativo en la reducción de la concentración de coliformes termotolerantes en el agua tratada, observándose una menor concentración en las muestras para el tiempo de contacto de 30 min. Además, la mediana de las concentraciones de coliformes termotolerantes de las muestras tratadas, se encuentra por debajo del límite establecido por el estándar nacional de calidad de agua para recreación⁽¹²⁾.