

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos  
mediante el uso de microorganismos de montaña en agua  
residuales de una Piscigranja**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autores:**

Yovana Elizabeth Guevara Menor  
Judith Noemi Salas Ancajima

**Asesor:**

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, noviembre de año 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo, Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante el uso de microorganismos de montaña en agua residuales de una Piscigranja”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Yovana Elizabeth Guevara Menor y Judith Noemi Salas Ancajima para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 11 días del mes de noviembre el año 2022



---

Betsabeth Teresa Padilla Macedo

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 11 día(s) del mes de noviembre del año 2022, siendo las 09:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Ericka Nayda Perales Domínguez, el (la) secretario(a): Mtro. Gelner Archenti Curitima y los demás miembros: Ing. Seyei Rengifo Arévalo

y el (la) asesor(a) Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante el uso de microorganismo de montaña en aguas residuales de Piscigranjas".

del(los) bachiller(es): a) Judith Noemí Salas Ancajima

b) Yovana Elizabeth Guevara Menor

c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: \_\_\_\_\_

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Judith Noemí Salas Ancajima

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(b): Yovana Elizabeth Guevara Menor

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno


Bachiller -(c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

  
\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

## Resumen

En el presente estudio se analizó el efecto de los microorganismos de montaña en la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual de una piscigranja. Para ello, se utilizó dos recipientes de 30 litros de agua residual cada uno, a los cuales se les agregó dosis de microorganismos de montaña de 1,7% y 3,3%, el cual tuvo una duración de 35 días. Los microorganismos de montaña (MM) se recolectaron en un bosque donde no se desarrollan actividades antropogénicas, luego se procedió a la preparación en estado líquido y activación que duró 30 días. Los parámetros que se analizaron fueron CE, DBO, SDT, OD, pH, fósforo total, nitrógeno total y coliformes termotolerantes. Después de la aplicación de los microorganismos de montaña, el valor de los parámetros CE, DBO y SDT, aumentó; mientras que, el OD, pH y coliformes termotolerantes disminuyeron. Asimismo, los parámetros fósforo total y nitrógeno total, se encontraron por debajo del límite de detección del método. Se concluye que los microorganismos de montaña son responsables de reducir el pH de las aguas residuales y disminuir la carga contaminante de coliformes termotolerantes.

**Palabras clave:** Aguas servidas, efluentes acuícolas, microorganismos nativos

## Abstract

In the present study, the effect of mountain microorganisms on the removal of physicochemical and microbiological parameters from wastewater from a fish farm was analyzed. For this, two containers of 30 liters of wastewater each were used, to which doses of mountain microorganisms of 1.7% and 3.3% were added, Which the treatment lasted 35 days. Mountain microorganisms (MM) were collected in a forest where anthropogenic activities are not developed, then proceeded to the preparation in liquid state and activation that lasted 30 days. The parameters that were analyzed were CE, BOD, TDS, DO, pH, total phosphorus, total nitrogen and thermotolerant coliforms. After the application of the mountain microorganisms, the value of the CE, BOD and TDS parameters increased; while DO, pH and thermotolerant coliforms decreased. Likewise, the parameters total phosphorus and total nitrogen were found to be below the detection limit of the method. It is concluded that mountain microorganisms are responsible for reducing the pH of wastewater and reducing the contaminant load of thermotolerant coliforms.

**Keywords:** Wastewater, aquaculture effluents, native microorganisms.

## INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, aproximadamente 2 000 millones de personas se abastecen de agua contaminada por material fecal, transmitiendo diferentes enfermedades como diarrea, cólera, entre otras, de esta manera, mueren 50 200 personas por año. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud [OMS] 361 000 menores de 5 años mueren por causa de diarrea cada año, siendo la causa la contaminación de las aguas y la deficiencia en saneamiento (OMS, 2019).

Asimismo, las industrias acuícolas juegan un rol importante en la escasez mundial de alimentos, cuyas actividades pueden generar impactos negativos sobre la calidad del agua (Tom, Jayakumar, Biju, Somarajan, & Ibrahim, 2021).

La descarga de las aguas residuales por las actividades acuícolas ha aumentado significativamente, las cuales contienen un alto contenido de fósforo y nitrógeno, contribuyendo a la destrucción del ecosistema acuático (Geng, Li, Liu, Ye, & Guo, 2022).

Los vertimientos de aguas servidas se han convertido en un problema socio-ambiental debido al crecimiento acuícola. Estos cultivos generan grandes cantidades de contaminación orgánica, causando riesgos ambientales y efectos tóxicos agudos sobre la biocenosis acuática (AQUAHOY, 2022).

Las aguas residuales de las actividades acuícolas provienen de dos sistemas: El sistema abierto, es la descarga del efluente al ambiente con niveles elevados de nutrientes como fósforo y nitrógeno, sólidos, bacterias, virus que causan enfermedades a las comunidades acuáticas; y el segundo sistema es cerrado, proceso donde el agua es recogida para un previo tratamiento con la finalidad de reducir el contenido de sólidos y nutrientes (AQUAHOY, 2022).

En el Perú, solamente el 32% de los efluentes municipales reciben un previo tratamiento, de acuerdo al OEFA, organismo que prioriza la fiscalización ambiental de las aguas residuales, en las que involucra a las provincias y distritos (OEFA, 2014).

En la actualidad existen variedad de microorganismo benéficos, los cuales, están adquiriendo mayor aplicabilidad para dar soluciones ambientales, sobre todo por ser tecnologías eco-amigables con el ambiente. Estos microorganismos pueden ser benéficos, así como también patógenos, que coexisten entre los tipos de microorganismos aerobios y anaerobios (Safwat & Matta, 2021). Estos microorganismos, se pueden utilizar para supervisar la calidad de las aguas superficiales y mejorar los servicios ecosistémicos de manera eficiente dentro de los cultivos acuícolas (Bentzon-Tilia, Sonnenschein, & Gram, 2016).

La tecnología de uso de microorganismos, se ha reportado como una opción promisoría para descontaminar aguas servidas. Los microorganismos benéficos son las mezclas de diferentes microorganismos, ya que posee propiedades de fermentación, entre otros, estos contribuyen a mantener un equilibrio en el ecosistema y entre todos los microorganismos que se encuentran dentro de su hábitat, ya que estos traen efectos positivos y benéficos en el ambiente donde habitan (Romero & Vargas, 2017).

Los microorganismos de montaña (MM) son beneficiosos, los cuales son extraídos de los bosques. Estos microorganismos cumplen roles en el agro ecosistema, los cuales, se encuentran en la superficie y en la parte orgánica del suelo de un ecosistema sin mucha intervención antropogénica, y su presencia contribuye a mejorar los procesos biológicos

del suelo (Tencio, 2016).

En el Perú la acuicultura es una actividad económica promisoriosa y se describe como una actividad económica rentable, siendo uno de los factores determinantes, la calidad del recurso hídrico para el cultivo de peces. Por otro lado, la práctica de esta actividad tiene como problemática la contaminación de los ecosistemas acuáticos, debido a que utilizan grandes volúmenes de agua y se generan diversos residuos de la alimentación de los peces (Vásquez, Talavera, & Inga, 2016).

En San Martín la acuicultura es una actividad económica que se ha priorizado durante la pandemia de la COVID-19. Asimismo, se viene impulsando la siembra de alevines en la laguna de Sauce con el fin de garantizar la alimentación de la población (Vásquez, 2020). Las aguas contaminadas provenientes de las pisci-granjas afectan de manera directa las áreas agrícolas y a las comunidades acuáticas. Además, las fuentes de aguas superficiales están siendo contaminadas por el vertimiento de aguas servidas generadas por la actividad acuícola.

De la problemática anteriormente expuesta, este estudio tuvo como propósito analizar la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual de una piscigranja.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño metodológico**

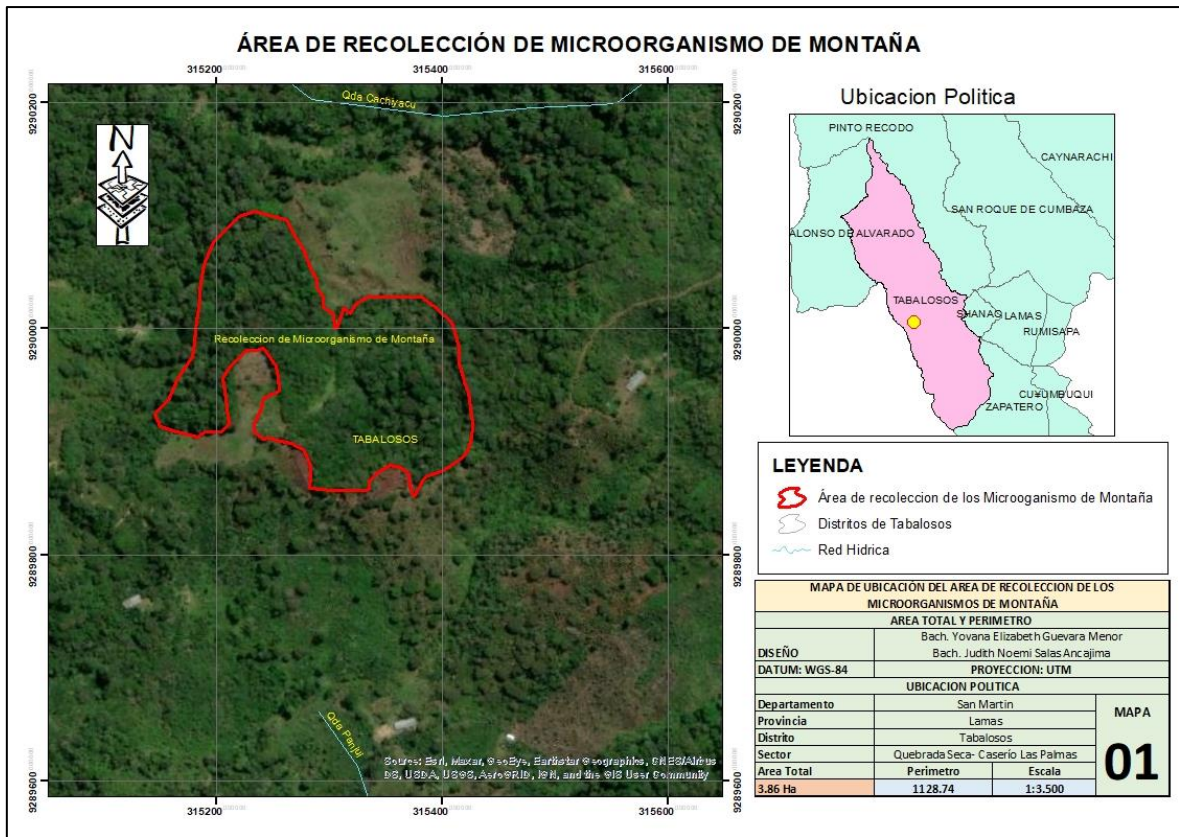
El diseño fue de tipo experimental con la aplicación de dos dosis de MM (1,7% y 3,3%). En este tipo de diseño se manipula la variable independiente a fin de analizar el efecto en la variable dependiente (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2017).

La población fue el agua residual de una Piscigranja. La muestra fue constituida por 60 litros de agua residual, la cual se dividió en dos recipientes de 30 L de agua residual. En uno de los recipientes se aplicó una dosis de 1,7% de MM y en el otro recipiente una dosis de 3.3% de MM.

### **Recolección de los microorganismos de Montaña (MM)**

Los MM se recolectaron en un bosque donde no se desarrollan actividades antropogénicas, el cual está ubicado geográficamente al norte del Perú situado a 6° 23' 24'' de latitud al sur y 76° 38' 5'' de longitud al Oeste, con una variación de altitud entre 450 y 1390 m.s.n.m.; en la región San Martín. En la zona de la recolección de los Microorganismos de Montaña se muestra una alta variabilidad climática con presencia de abundante precipitación pluvial, con una temperatura que oscila entre 18°C y 36°C.

Para la recolección de los MM, se procedió a identificar la hojarasca con contenido de microorganismos, una vez identificado se eliminó las plantas arvenses del área para la recolección de estos, luego, se colocó la hojarasca en las bolsas plásticas de primer uso, para luego ser transportadas, (**Figura 1**).

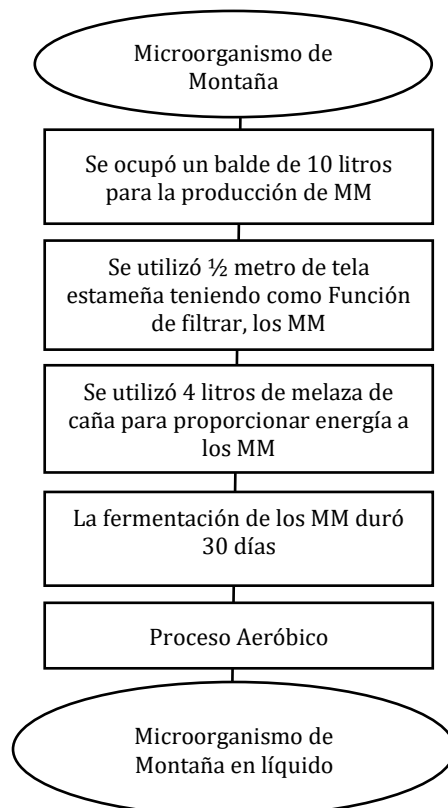


**Figura 1.** Ubicación del Área de recolección de los Microorganismo de Montaña (MM).

## Producción de Microorganismos de Montaña (MM)

Para la obtención de MM en estado líquido, se siguió el procedimiento mostrado a continuación.

**Figura 2.** Flujo para la obtención de MM en estado líquido



## **Recolección del agua residual**

El agua residual se recolectó en frascos de plástico estériles de tapa rosca, los cuales fueron etiquetadas con la fecha, hora y codificados para cada parámetro analizado, siendo un total de seis frascos, luego se colocaron en un cooler y se cubrieron con hielo a 5°C, a fin de conservar las muestras, acorde al protocolo de R.J. N° 010-2016-ANA (ANA). Los parámetros analizados en campo fueron pH y conductividad eléctrica, mientras la DBO, los coliformes termotolerantes, sólidos disueltos totales, nitrógeno total y fósforo total, oxígeno disuelto; se enviaron a un laboratorio acreditado por el INACAL, para su respectivo análisis.

## **Aplicación de MM**

Se identificaron dos puntos para la toma de muestras de agua residual haciendo un total de 60 litros de agua residual de Piscigranja. Para el primer tratamiento se aplicó 500 mL de microorganismos de montaña (MM) (1,7%) en líquido a un recipiente de plástico previamente esterilizado con una capacidad de 30 litros de agua residual y el segundo tratamiento se aplicó 1000 mL de MM (3.3%) a un recipiente de plástico esterilizado con una capacidad 30 litros de aguas residuales de la Piscigranja. La determinación analítica de los parámetros se realizó al inicio y a los 35 días de la aplicación de los microorganismos de montaña al agua residual.

Por otro lado, se recolectaron las muestras de agua residual después de la aplicación de las dosis de MM. Las muestras de agua residual se envasaron en frascos de plásticos estériles de tapa rosca, haciendo un total de 12 frascos de diferentes tamaños con muestras de agua residual, las cuales fueron etiquetadas con la fecha, hora y codificados para cada parámetro a evaluar, para ambas dosis diferentes; asimismo, se realizó el llenado de la cadena de custodia.

## **Análisis estadístico**

Los datos se analizaron con el programa SPSS 24 y la aplicación Excel del paquete Office, para lo cual se aplicó procedimientos de estadística descriptiva como gráficos de barras y tablas de frecuencias.

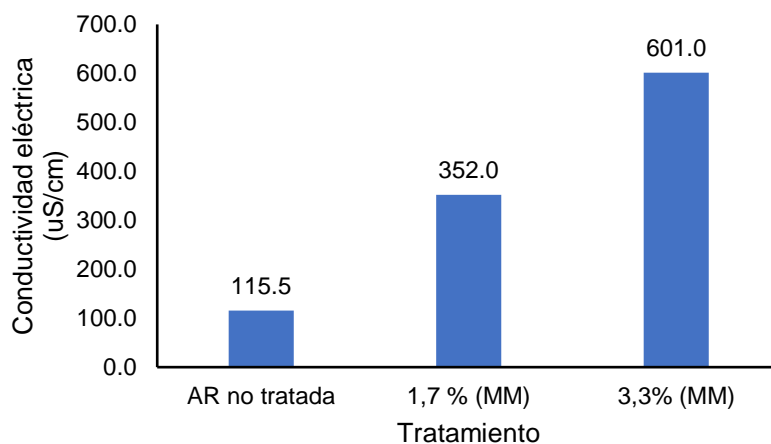
# **RESULTADOS**

## *Conductividad eléctrica (CE)*

Después de la aplicación de microorganismos se encontró una mayor conductividad eléctrica, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM; es decir a mayor cantidad de microorganismos de montaña, mayor conductividad eléctrica del agua residual (Figura 3).

**Figura 3.** *CE del agua residual, antes y después del tratamiento*

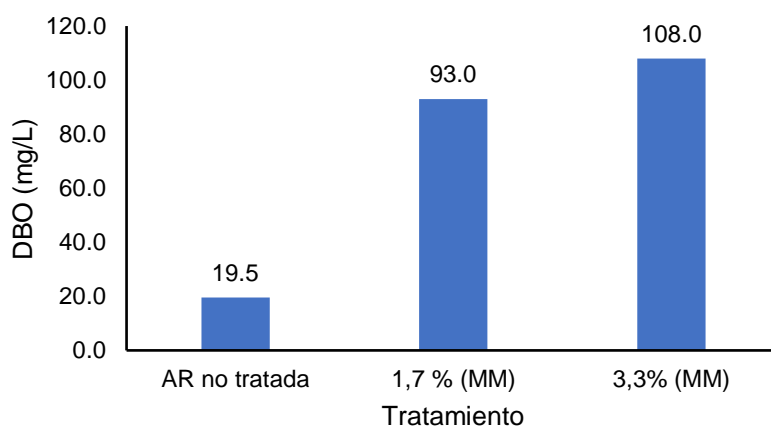




#### DBO

Con respecto a la DBO, después de la aplicación de microorganismos se encontró una mayor demanda bioquímica de oxígeno, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM; es decir a mayor cantidad de microorganismos de montaña, mayor demanda bioquímica de oxígeno del agua residual (Figura 4).

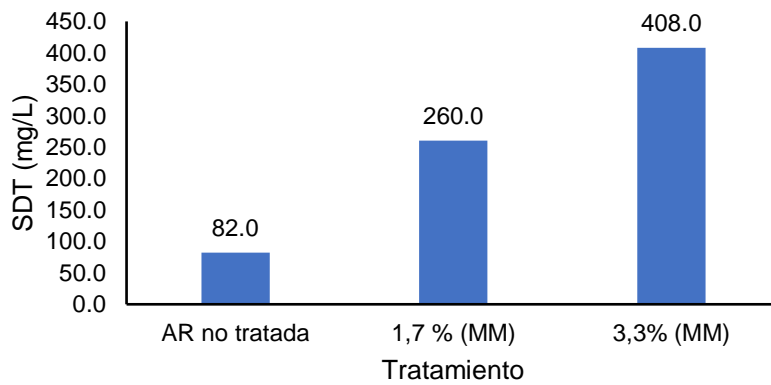
**Figura 4.** DBO del agua residual, antes y después del tratamiento



#### Sólidos disueltos totales (SDT)

Al aplicar los microorganismos de montaña se encontró una mayor concentración sólidos disueltos totales, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM; es decir a mayor cantidad de microorganismos de montaña, mayor concentración sólidos disueltos totales del agua residual (Figura 5).

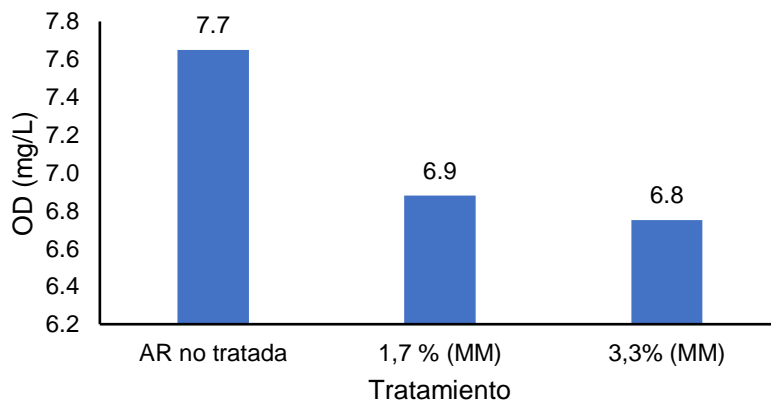
**Figura 5.** SDT del agua residual, antes y después del tratamiento



#### *Oxígeno disuelto (OD)*

Luego de la aplicación de microorganismos se encontró una menor concentración de oxígeno disuelto, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM; es decir a mayor cantidad de microorganismos de montaña, menor concentración de oxígeno disuelto del agua residual (Figura 6).

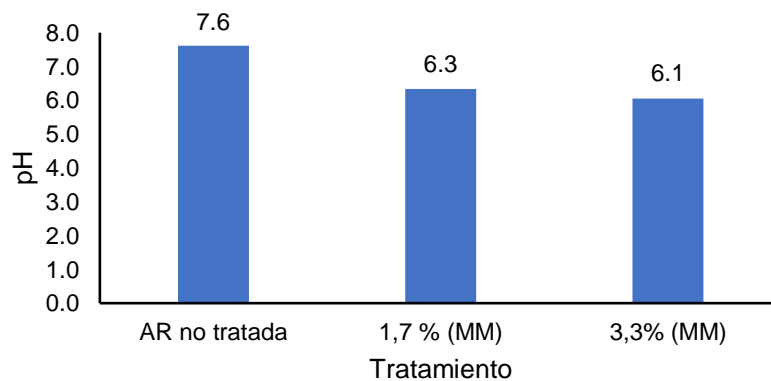
**Figura 6.** OD del agua residual, antes y después del tratamiento



#### *pH*

Después de la aplicación de microorganismos se encontró una disminución del pH, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM; es decir a mayor cantidad de microorganismos de montaña, menor pH del agua residual (Figura 7)

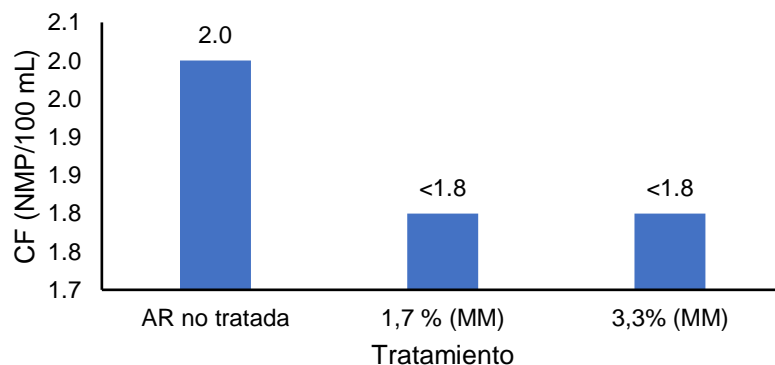
**Figura 7.** pH del agua residual, antes y después del tratamiento



### *Coliformes termotolerantes (CT)*

Después de la aplicación de microorganismos se encontró una disminución de los coliformes termotolerantes del agua residual, tanto con la dosis de 1,7% como con la dosis de 3,3% de MM (Figura 8).

**Figura 8.** CT del agua residual, antes y después del tratamiento



### *Fósforo y nitrógeno*

La tabla 1. muestra la concentración de fósforo total y nitrógeno total antes y después del tratamiento con microorganismos de montaña. Para todas las muestras analizadas, se encontró valores menores al límite de cuantificación del método de los parámetros fósforo total y nitrógeno total del agua residual.

**Tabla 1.** Fósforo y nitrógeno, antes y después del tratamiento

Parámetro	Dosis de MM		
	AR	1,7%	3,3%
Fósforo total (mg/L)	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Nitrógeno total (mg/L)	< 0,10	< 0,10	< 0,10

## DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue analizar el efecto que tienen los microorganismos de montaña en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual.

Después de la aplicación de los microorganismos de montaña, el valor de los parámetros CE, DBO y SDT, aumentó; mientras que, el OD, pH y coliformes termotolerantes disminuyeron. Después de la aplicación de microorganismos se encontró una menor DBO con la dosis de 1,7% de MM, con un valor de 93 mg/L; de acuerdo con el MINAM (2017), la DBO para el cultivo de especies hidrobiológicas debe ser menor a 10 mg/L; es decir se necesitará de un tratamiento adicional para reducir la carga orgánica del agua residual, a fin de volverla a utilizar en el sistema de producción acuícola. Por otro lado, el valor del pH del agua después de la aplicación de MM fue 6,3 para la dosis de 1,7% y 6,1 para la dosis de 3,3%. Para el cultivo de especies hidrobiológicas continentales, el valor del pH debe estar en el rango de 6 a 9 (MINAM, 2017). Con respecto al OD, con la dosis de 1,7% se obtuvo un valor de 6,9 mg/L y con la dosis de 3,3% el valor fue 6,8 mg/L; en ambos casos estuvo sobre el valor de referencia de 5 mg/L, para el desarrollo de actividades acuícolas. El requerimiento de oxígeno disuelto del agua es imprescindible para el cultivo de especies acuícolas, para la especie *O. niloticus*, el

requerimiento debe estar entre 3 y 5 mg/L (INP, 2018).

De acuerdo con Silveira (2013), la adición de microorganismos de montaña al agua residual, es un tratamiento de biomasa suspendida, en la cual se agregan poblaciones variadas de microorganismos, los cuales, por medio de procesos biológicos, químicos y físicos elimina diversos contaminantes de los efluentes. Asimismo, una de las ventajas de utilizar tecnologías amigables con el ambiente como los microorganismos de montaña para el tratamiento de efluentes es la obtención de un efluente con características adecuadas para su descarga a cuerpos receptores, intensa actividad microbiana (bacterias, hongos, protozoarios, etc.), bajo consumo de energía, uso de materiales de bajo costo y sistemas de fácil operación (Djadouni, 2019). Asimismo, los parámetros fósforo total y nitrógeno total, se encontraron por debajo del límite de detección del método. De acuerdo con Bhambri, Karn, & Singh (2021), los géneros de microorganismos encargados de la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales son *Bacillus* y *Aspergillus*, las cuales son cepas altamente eficientes, pues se han encontrado eficiencias de remoción superiores al 95%. El pH del agua residual antes del tratamiento fue 7.6, mientras que después de la aplicación de microorganismos de montaña con la dosis de 1.7%, el pH se redujo a 6.3 y con la dosis de 3.3%, el pH fue de 6.1. De acuerdo con Dan (2014), la presencia de algas y hongos son los responsables de la reducción del pH, en este caso el pH cambió desde ligeramente básico a ligeramente ácido.

Asimismo, la actividad de los microorganismos de montaña es la responsable de la reducción de los coliformes termotolerantes. La remoción de microorganismos patógenos se lleva a cabo primero por procesos biológicos como la depredación y muerte natural de los coliformes termotolerantes, luego por el mecanismo de sedimentación, es decir los microorganismos se depositan debido a procesos físicos (Wang, Zhu, & Mao, 2021). Por otro lado, se prefiere utilizar los métodos biológicos para el tratamiento de aguas residuales porque sus beneficios económicos son altos, especialmente cuando se combinan con la estabilización de desechos y la recuperación de recursos (Djadouni, 2019). Los diversos grupos de microorganismos que coexisten en los microorganismos de montaña, entre ellos hongos, bacterias, levaduras y protozoarios, tienen un efecto benéfico para eliminar los contaminantes del agua residual, a través de procesos físicos, químicos y biológicos (Safwat & Matta, 2021).

## CONCLUSIÓN

Después de la aplicación de los microorganismos de montaña al agua residual, el valor de los parámetros CE, DBO y SDT, aumentó; mientras que los parámetros OD, pH y coliformes termotolerantes disminuyeron. Asimismo, los parámetros fósforo total y nitrógeno total, se encontraron por debajo del límite de detección del método. Se concluye que los microorganismos de montaña son responsables de reducir el pH de las aguas residuales y disminuir la carga contaminante de coliformes termotolerantes. A partir de este estudio se pueden realizar futuras investigaciones a fin de conocer la dinámica de los microorganismos de montaña para la descontaminación de aguas residuales, por ser una alternativa ambientalmente sostenible.

## Referencias bibliográficas

- AQUAHOY. (2022). *Tratamiento de las aguas residuales de la acuicultura*. Retrieved from <https://aquahoy.com/tratamiento-aguas-residuales-acuicultura/>
- Bentzon-Tilia, M., Sonnenschein, E. C., & Gram, L. (2016). Monitoring and managing microbes in aquaculture – Towards a sustainable industry. *Microbial Biotechnology*, 9(5), 576–584. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12392>
- Bhambri, A., Karn, S. K., & Singh, R. K. (2021). In-situ remediation of nitrogen and phosphorus of beverage industry by potential strains *Bacillus* sp. (BK1) and *Aspergillus* sp. (BK2). *Scientific Reports*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91539-y>
- Dan, T. (2014). *Microorganismos en lodos activados*. Retrieved from <https://www.watertechonline.com/wastewater/article/15545467/microorganisms-in-activated-sludge>
- Djadouni, F. (2019). Microorganism-Based Biological Agents in Wastewater Treatment: Potential Use and Benefits in Agriculture. *Field Practices for Wastewater Use in Agriculture*, 13(38), 69–80. <https://doi.org/10.1201/9781003034506-6>
- Geng, B., Li, Y., Liu, X., Ye, J., & Guo, W. (2022). Effective treatment of aquaculture wastewater with mussel/microalgae/bacteria complex ecosystem: a pilot study. *Scientific Reports*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04499-8>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación*.
- INP. (2018). *Acuicultura comercial*. Retrieved from <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>
- MINAM. (2017). *Decreto supremo N° 004-2017-MINAM*. Retrieved from <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*, p. 36. Retrieved from [http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- OMS. (2019). *Agua para consumo humano*. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Romero, T. de J., & Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88–100. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008)
- Safwat, S. M., & Matta, M. E. (2021). Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions. *Journal of Engineering and Applied Science*, 68(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00049-1>
- Silveira, M. (2013). Acuicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa*, p. 39. Retrieved from

- <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>
- Tencio, R. (2016). Reproducción y aplicación de los microorganismos de montaña (MM) en la actividad agrícola y pecuaria. *Sector Agroalimentario Infracro Costa Rica*, pp. 1–6. Retrieved from <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1847.pdf>
- Tom, A. P., Jayakumar, J. S., Biju, M., Somarajan, J., & Ibrahim, M. A. (2021). Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 4(November), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>
- Vásquez, W., Talavera, M., & Inga, M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 15–28. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n1/a03v82n1.pdf>
- Vázquez, D. (2020). *Reactivación económica: San Martín potenciará su acuicultura con especies amazónicas*. Retrieved from <https://andina.pe/agencia/noticia-reactivacion-economica-san-martin-potenciara-su-acuicultura-especies-amazonicas-798704.aspx>
- Wang, M., Zhu, J., & Mao, X. (2021). Removal of pathogens in onsite wastewater treatment systems: A review of design considerations and influencing factors. *Water (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/w13091190>