

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



Una Institución Adventista

Revisión y Análisis de la Eficiencia del Manejo de Aguas Residuales con Microorganismos Eficaces y de Montaña.

Por:

Francesca Zenith Guzman Trujillo

Elva Camila Sánchez Torres

Asesor:

Mg. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, Agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

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

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Revisión y Análisis de la Eficiencia del Manejo de Aguas Residuales con Microorganismos Eficaces y de Montaña” constituye la memoria que presenta los Bachilleres Guzman Trujillo, Francesca Zenith y Sánchez Torres, Elva Camila; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado 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 constancia en Morales, a los 24 días del mes de septiembre del año 2020.



Asesor

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Revisión y Análisis de la Eficiencia del Manejo de Aguas Residuales con Microorganismos Eficaces y de Montaña.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
Presidente



Ing. Carmelino Almestar
Villegas



Ing. Kátherin Jina Luz
Pinedo Gómez
Vocal



Mtra. Betsabeth Teresa
Padilla Macedo
Asesor

Tarapoto, agosto de 2020

Resumen

En los últimos años las aguas residuales provenientes de industrias y domesticas causan impactos negativos sobre en el medio ambiente y en la salud de las personas, y una forma importante de combatir con éxito este problema, según investigaciones, es a través del uso de microorganismos eficientes y microorganismos de montaña. El objetivo es comparar la eficiencia del manejo de aguas residuales con microorganismos eficaces de la investigación de Apaza (2017) y con microorganismos de montaña de la investigación de Díaz & Collantes (2019). Para el desarrollo del artículo se realizó la búsqueda de información en diferentes bases de datos como: EBSCO, Redalyc, Scielo y repositorios de universidades tanto nacionales e internacionales, luego se hizo una revisión sistemática y se seleccionó dos investigaciones. De acuerdo a los resultados obtenidos evidencia que los microorganismos de montaña tienen un buen desempeño durante 20 días en la remoción de los parámetros como DQO, DBO, Coliformes totales y Coliformes fecales, en comparación a los microorganismos eficientes donde se obtuvieron los mejores resultados a los 30 días, con una reducción para DQO, Aceites y Grasas y para SST. Concluyendo que el efecto de microorganismos eficientes y microorganismo de montaña son adecuados para el tratamiento de aguas residuales. Cabe resaltar que la eficiencia de los microorganismos de montaña son sistemas poco documentadas en aguas residuales; además que el tratamiento que se va dar al agua residual debe adaptar el tipo de uso que se destina.

Palabras claves: aguas residuales, microorganismos eficientes, microorganismos de montaña.

Abstract

This research aims to “Review and Analysis of the Efficiency of Wastewater Management with Effective and Mountain Microorganisms”

In recent years, wastewater from industries and households has caused negative impacts on the environment and on people's health and an important way to successfully combat this problem, according to research, is through the use of efficient microorganisms and mountain microorganisms. The objective is to compare the efficiency of wastewater management with effective microorganisms from the Apaza research (2017) and with mountain microorganisms from the Díaz & Collantes research (2019). For the development of the article, information was searched in different databases such as: EBSCO, Redalyc, Scielo and repositories of both national and international universities, then a systematic review was made and two investigations were selected. According to the results obtained, it is evident that the mountain microorganisms have a good performance for 20 days in the removal of the parameters such as COD, BOD, Total Coliforms, and Fecal Coliforms, in compared to the efficient microorganisms where the best results were obtained at 30 days, with a reduction for COD, Oils and Fats and for TSS. Concluding that the effect of efficient microorganisms and mountain microorganisms are suitable for wastewater treatment. It should be noted that the efficiency of mountain microorganisms are poorly documented systems in wastewater; In addition, the treatment to be given to the wastewater must adapt the type of use it is intended for.

Keywords: wastewater, efficient microorganisms, mountain microorganisms.

1. Introducción

La ingeniería se enfrenta a retos que están relacionados con el cotidiano problema del manejo de las aguas residuales, porque cada día la población y la industrialización crece ya que es parte del desarrollo de un país; es ahí donde aumentan el uso de agua y el vertimiento de estas ya contaminadas con cambios físicos, químicos y biológicos, afectando al poco porcentaje que tenemos de agua dulce que son las que utilizamos para nuestras actividades cotidianas y de consumo. Ante esta problemática sino se soluciona, el futuro se ve afectado ya que cabe la posibilidad de vivir con una poca de agua.

En los últimos años, la contaminación de las fuentes hídricas ha ido aumentando de manera significativa en casi todos los países de América Latina, Asia y África; el avance demográfico, la industrialización, la urbanización y una mala gestión por parte del estado, son las principales causas de este mal que acecha a la población mundial; generando impactos negativos en la salud de las personas, el desarrollo sostenible y en el medio ambiente (UNESCO, 2017). Según el informe sobre el desarrollo humano por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2006) indica que las principales actividades que consumen la mayor cantidad de agua son la agricultura con un 70 % del consumo mundial, la industria con un promedio de 23 %, y el consumo doméstico con un 7% y son casi los mismos porcentajes de vertimiento en los cuerpos receptores. La contaminación por el vertido de aguas residuales industriales y domésticos es una de las causas antrópicas de significación. Tradicionalmente se ha considerado que las aguas residuales al no pasar por un sistema de tratamiento degradan la calidad del agua y la convierte en un foco infeccioso. Sin embargo, la industria alimentaria a nivel mundial es responsable de más de la mitad de la carga contaminante biodegradable de origen industrial que se dispone (Montalván, Aguilera, & Veitia, 2017).

La disposición final de las aguas residuales presenta uno de los problemas más severos de contaminación a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, afectando a la salud pública, si no son gestionadas adecuadamente (Giraldo, 2001). En la mayor parte de países, el vertimiento de las aguas residuales, sin previo tratamiento; que en algunos casos

de manera directa a fuentes naturales de agua y en otros a sistemas de alcantarillado, es evidencia que en la actualidad es uno de los problemas significativos (Aymerich, 2012).

Los organismos de gestión a pesar de que existan avances, carecen de herramientas para tomar una decisión para resolver estos problemas; el manejo de las aguas residuales es una necesidad de la población ya que no solo es el medio ambiente también trasciende al campo de salud.

Restauración de las aguas residuales con EM y MM

Es sin discusión uno de los estandartes de la economía circular, el nuevo paradigma que se ha adueñado de los discursos y estrategias sobre el desarrollo sostenible. La reutilización del agua ha dejado de ser un recurso marginal y se ha convertido por derecho propio en una herramienta esencial para afrontar uno de los desafíos más generalizados que enfrentan las sociedades de nuestro tiempo: la escasez de agua. (iAgua Magazine 12, 2017)

Desde años anteriores se aseguraba que el agua es fuente de vida, sin embargo, por la contaminación nos hace dudar al afirmar ya que está acabando con nosotros mediante enfermedades gastrointestinales y hasta las infectocontagiosas.

Un concepto claro es que las aguas residuales son cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas aun cuerpo natural de agua o descargas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014). Se manifiesta que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población después, de haber sido modificada por diversos usos en actividades domésticas, industriales comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Rolim, 2000). Su clasificación de las aguas residuales son 3 tipos: aguas residuales domésticas, aguas residuales urbanas y las aguas residuales industriales, básicamente por el lugar de origen y su composición (Zambrano Perez, 2009).

Entre ellos, la agua residual industrial son aguas residuales de origen industrial son aquellas que provienen del proceso productivo o de limpieza de una industria y que posteriormente deben ser descargadas al medio ambiente con la menor cantidad de elementos contaminantes posible según lo define la empresa Venezolana de Tratamientos (VENTRAT, 2016); es decir la composición de esta agua va acuerdo al tipo de industria y los procesos que se manejan.

En caso de las aguas residuales domesticas proviene del uso domiciliario, comercial e institucional que contienen material orgánico como desechos fecales, fisiológicos y otros restos provenientes de la actividad humana (MVCS, 2006). Es por ello que estas aguas por lo general, no contienen sustancias peligrosas como metales pesados, agentes tóxicos, entre otros; pero, presentan una concentración elevada de nitrógeno y amonio debido al contenido de excretas; así como una alta cantidad de agentes infecciosos y patógenos provenientes de los servicios sanitarios (Arocutipa, 2013).

Actualmente existen varios sistemas de tratamientos en aguas residuales, uno de los varios son los microorganismos que son aquellos organismos que no pueden ser contemplados a simple vista y requieren de un microscopio para su análisis; el crecimiento de todos los tipos de microorganismos en un determinado residuo dependerá de las características químicas de los residuos industriales o domésticos, además de las limitaciones ambientales del sistema de residuos particular y las características bioquímicas de los microorganismos (Davies, 2005).

El uso de microorganismo para diferentes aplicaciones que existe mayor investigación en las últimas décadas son los microorganismos eficaces o en inglés EM, efficient microorganismos que están constituidos por un cultivo mixto que resulta de la combinación de diversos microorganismos benéficos de origen natural. Lo que predominan son las bacterias ácido lácticas, microorganismos fotosintéticos y levaduras, todos estos son mutuamente compatibles uno con el otro y pueden coexistir en cultivo líquido (Higa & Parr, 1994).

Un consorcio particular de microorganismos conocido como microorganismos de montaña que son aquellos microorganismos benéficos que han sido extraídos de un medio natural o de montaña en donde no se ha desarrollado actividad antropogénica. En estos ecosistemas se da el proceso de descomposición de la materia orgánica en la que más adelante se transforma en los nutrientes necesarios para su flora (Suchini Ramirez, 2012); estos microorganismos están compuesto principalmente por hongos y bacterias que representan habitantes naturales de sistemas edáficos alrededor del mundo.

1. Estado de arte

(Sánchez Cabrera, 2014) Desarrolló una investigación titulada “Evaluación de la Capacidad de Depuración de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Moyobamba – 2014”. El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales. Para ello se tomaron muestras del agua residual doméstica y se determinó los parámetros físico-químicos (OD, pH, T, DQO, DBO, SST, NO₂, PO₄, NTU) y microbiológicos (Coliformes totales y Coliformes fecales). La medición de cada parámetro se realizó durante 45 días, con una frecuencia quincenal. La temperatura disminuyó durante el tratamiento y el pH aumentó ligeramente hasta valores cercanos a la neutralidad. Asimismo, la turbidez disminuyó en un 64.29%; se removió el 50 % de los nitratos; la DBO se removió en 69.4% y la DQO presentó una disminución del 40.68%. Con respecto a los Coliformes totales fueron removidos en un 56.25% y los termotolerantes disminuyeron en 52.83%.

(Toc A, 2012) En la tesis “Efecto de los microorganismos eficientes (EM) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano” realizado en Honduras, concluyó que la adición de Microorganismos Eficaces (EM) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano redujo la cantidad de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST) a los sesenta días después de su aplicación.

Además, realizo un ensayo en la laguna de oxidación de la granja porcina, Zamorano, probando los EM, para validar el efecto de los EM en la descomposición de la Materia orgánica, poniendo aireadores en los contenedores para facilitar la producción de Oxígeno; teniendo esto un resultado positivo.

(Cardona & Garcia, 2008), en la Tesis “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica” Bogotá, Colombia. Observaron que no hay diferencias significativas en las concentraciones de ningún parámetro con respecto a los tiempos, entre el control y los tratamientos. Llegaron a la conclusión que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de EM, bajo las condiciones del estudio. También recomendaron que si se desea implementar los microorganismos eficaces EM para tratamiento de aguas residuales generadas, primero tiene que pasar por a un tratamiento preliminar y/o primario como filtro de arena o rejillas para así disminuir la cantidad de material que pueda obstruir el resto del proceso; además que es aconsejable emplear un sustrato que no aporte materia orgánica al agua poroso para la colonización de los microorganismos, tal como polvo de ladrillo o estropajo, entre otros. Por último, los autores recomiendan que para que los resultados obtenidos sean confiables desde el punto de vista analítico y estadístico, es aconsejable que las técnicas empleadas para la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos deben estar estandarizadas.

(Reyes M, 2004)En su estudio “Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM)”, Guácimo, Costa Rica, llego a la siguiente conclusión; que el uso de EM en este proyecto resultó ser eficiente, por lo que se concluye que es un excelente estabilizador de biosólidos crudos. En base a los resultados, la concentración más baja de EM y el tiempo menor para que ocurra una estabilización efectiva de los lodos sépticos, fueron el tratamiento con 2,5% de EM activado y un tiempo no mayor que 5 días. La utilización de Microorganismos Eficaces (EM) dicen que es adecuada para la estabilización de lodos sépticos determinándose una dosis y un tiempo de estabilización. La

dosis que se recomienda es de 2,5% (v/v) de EM activado y el tiempo de estabilización es de 5 días. En el día 9, en los tratamientos con EM, las coliformes totales y fecales habían sido eliminadas, además hubo reducción en la turbidez, sólidos totales, DBO5 y DQO, para los tratamientos con EM, indicó una reducción en la materia orgánica en los lodos sépticos. Aunque la reducción de sólidos totales y DQO en los tratamientos con EM fue significativa, este descenso no llegó a los límites permisibles. Durante el transcurso del tiempo en los tratamientos con EM, el cambio en olor, que había pasado de un olor fecal a un olor ligero característico de alcoholes, y la reducción en el pH indicaron que había ocurrido un proceso de fermentación.

Este antecedente recomienda experimentar con la estabilización de los lodos en tanques grandes para determinar si es posible alcanzar un ambiente anaeróbico y por ende un estado de fermentación y estabilización de los lodos.

(Beltran & Campos, 2008), con su investigación titulado “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de jauja” tiene como objetivos la determinación de los efectos de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de agua y lodo residual de la PTAR Jauja. Trabajo con aplicación de los microorganismos eficaces bajo el EM activado, para ello se realizaron evaluaciones a los 0; 30; 60 y 90 días después del tratamiento para determinar el efecto de estos microorganismos sobre la calidad del agua residual (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión, olor, color y temperatura) y el lodo residual (pH, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, olor, color). Sus resultados demostraron que los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos en el control del agua residual en los siguientes parámetros: aceites y grasas, DBO, color, olor y coliformes termotolerantes, asimismo en términos de eficiencia, los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos en la reducción de la DBO, DQO, sólidos totales y olor; obteniéndose mayor eficiencia a los 90 días después del tratamiento; mejorando de esta manera las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales; sin embargo, el efecto de los

microorganismos eficaces sobre los parámetros de sólidos totales suspendidos y coliformes termotolerantes no logró la reducción de estos a los límites máximos permisibles establecidos por D.S N° 003-2010-MINAM. Los microorganismos eficaces (EM) tuvieron efectos en el control del lodo residual, disminuyendo notablemente la concentración de coliformes termotolerantes, aceites y grasas, así mismo estabilizó el pH que está por debajo de los límites máximos permisibles para lodos según norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 y los Estándares de calidad típicas de lodos residuales según Metcalf y Eddy (2011).

(Vargas L., 2006), en la Tesis de maestría “Efecto de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas servidas del C.P Huaripampa- Olleros” Huaraz. En esta tesis se observó la eficiencia aceptable y significancia estadística del efecto de los microorganismos eficientes sobre los parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y E. coli; obteniéndose la mayor eficiencia en el control de los parámetros microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes fecales y E. coli, a los 30 días después del tratamiento; efectos que coincide con la reducción de los olores categorizados como muy fuertes a olores moderados. Y a pesar de las deficiencias que presentó la planta de tratamiento de aguas servidas del Centro Poblado Huaripampa, se logró eficiencias significativas de los microorganismos eficientes (EM) en el control de fosfatos, sólidos totales, nitratos y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Obteniéndose la mayor eficiencia en el control de estos parámetros a los 90 días después del tratamiento. El efecto tardío de los microorganismos y su estabilización en el tratamiento de las aguas servidas se vio influenciada por la temperatura del agua y por el deficiente funcionamiento de la planta de tratamiento, la misma que no permite una retención adecuada de las aguas servidas, lo que da lugar al vaciado rápido de las aguas servidas. De lo cual el autor recomienda continuar con las investigaciones del efecto de los microorganismos eficientes (EM) en el tratamiento de las aguas servidas, bajo condiciones controladas de temperatura, por ser un parámetro que influye en la estabilización y eficiencia de los microorganismos eficientes; asimismo se

recomienda incrementar el tiempo de fermentación de los microorganismos eficientes extendido.

2. Metodología

Para el desarrollo de la siguiente investigación se realizó la búsqueda de información en diferentes fuentes como bases de datos: EBSCO, Redalyc, Scielo; también en repositorios de universidades nacionales e internacionales. Después, se hizo la revisión sistemática y una lectura crítica de las investigaciones recopiladas. Finalmente se seleccionó dos investigaciones para obtener el grado de ingeniero ambiental; la primera investigación es del autor Apaza (2017) titulado “Uso de Microorganismos Eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea, LIMA – 2017” cuyo objetivo fue determinar la concentración más óptima del uso de microorganismos eficaces en la mejora de la calidad de aguas residuales de la industria láctea; y la segunda investigación es de los autores Diaz & Collantes (2019) titulado “Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018” cuyo objetivo fue determinar la efectividad de los microorganismos de montaña, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, in vitro del caserío Chontamuyo; ambas utilizadas como guías para el desarrollo de esta investigación, además de utilizar otras investigaciones como antecedentes.

Los resultados obtenidos de las investigaciones referentes fueron contrastados y comparados para identificar de manera segura y eficaz la eficiencia de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales.

3. Resultados y Discusión

3.1. Comparación de las metodologías de los autores

Apaza (2017) realizó una experimentación a nivel piloto, con método de diseño completamente al azar, ya que definieron los tratamientos y se sortearon las unidades experimentales, de lo cual fue tres tratamientos con microorganismos eficaces, las diluciones

fueron: 160 ml ME /16L de agua residual, 320 ml ME /16L de agua residual y 480 ml ME /16L de agua residual durante 30 días, la toma de muestra fue de una caja de registro de SEDAPAL que son aguas residuales de industria láctea. Por otra parte, Díaz & Collantes (2019) seleccionó un diseño experimental de un solo factor, con dos niveles: microorganismos eficientes y microorganismos de montaña, en ambas tomó 300 ml de la solución de ME y MM, y se vertió sobre nueve recipientes de 20 litros del agua residual doméstica que se obtuvo del punto de descarga en el Río Shilcayo.

Análisis de comparación de resultados

Se realizó una comparación de la eficiencia del manejo de aguas residuales con microorganismos eficientes y con microorganismo de montaña, trabajando los resultados de la investigación de Apaza (2017) y de la investigación de Díaz & Collantes (2019). El presente estudio de estos microorganismos en aguas residuales se determinó por los parámetros de pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos, con el fin de notar la remoción de materia orgánica biodegradable y cantidad de sólidos disueltos respectivamente. Estos parámetros nos ayudan a verificar si el uso de microorganismos contribuye a mejorar la calidad del agua. En el **Cuadro 1** se presenta el valor de las aguas residuales sin el uso de los microorganismos, observando un aumento en algunos valores, que sobrepasen las normativas vigentes.

Cuadro 1. Parámetros de las aguas residuales sin tratamiento.
Table 1. Parameters of wastewater without prior treatment.

Resultados	Parámetros	Apaza (2017)	Díaz & Collantes (2019)	
Aguas residuales sin tratamiento	Fisicoquímicos	pH	4.71	7.6
		SST	1347 mg/L	7.2 mg/L
		Aceites y Grasas	640 mg/L	4 mg/L
		DQO	5 045 mg/L	207.1 mg/L
		DBO	-	110.2 mg/L
	Microbiológicos	Coliformes Totales	-	2.2x10(7) NMP/100 mL
Coliformes Fecales		-	3.5x10(6) NMP/100 mL	

Fuente: Adaptado de Apaza (2017) y Díaz & Collantes (2019)

Para la comparación de los resultados con microorganismos eficientes y de montaña que se observa en el **Cuadro 2**, se seleccionó de ambas investigaciones principales sus mejores resultados, siendo de Apaza (2017) la concentración de 40 ml de microorganismos eficientes en 16L de agua residual durante 30 días y de Díaz & Collantes (2019) que trabajo con 300 ml de microorganismos de montaña en 20L de agua residual durante 20 días, donde se puede evidenciar una eficaz reducción de valores de los parámetros.

Cuadro 2. Parámetros de las aguas residuales con microorganismos eficaces y de montaña.

Table 2. Parameters of wastewater with effective and mountain microorganisms.

Resultados	Parámetros	Microorganismos Eficaces Apaza (2017)	% remoción	Microorganismos de Montaña Díaz & Collantes (2019)	% remoción	
Aguas residuales con microorganismos	Fisicoquímicos	pH	6.74		7	
		SST	488 mg/L	64%	4.8 mg/L	33%
		Aceites y Grasas	83 mg/L	87%	< 1.4 mg/L	65%
		DQO	884 mg/L	83%	17.3 mg/L	91.6%
		DBO	-	-	8.5 mg/L	92%
	Microbiológicos	Coliformes Totales	-		3.55 x10(3) NMP/100 mL	
		Coliformes Fecales	-		7.75 x10(2) NMP/100 mL	

Fuente: Adaptado de Apaza (2017) y Díaz & Collantes (2019)

De acuerdo al análisis obtenido en la presente investigación el tratamiento del agua residual en la investigación con microorganismos eficientes el pH aumento hasta un valor ligeramente neutro ya que aún inicio era ácido, mientras en la investigación con microorganismos de montaña hubo una leve disminución del pH hasta un valor neutro; cabe resaltar que las aguas residuales domesticas casi siempre suelen tener un pH cercano a neutro.

Por otro lado, los sólidos suspendidos totales (SST) son indicadores del nivel de contaminación de agua, lo que demuestra que en la investigación de Apaza (2017) tiene un nivel alto de contaminación, ya con el uso de microorganismos hubo una disminución de la concentración de SST en ambas investigaciones, pero mostro una gran eficiencia

los microorganismos eficaces con un 64% de remoción, debido a que los microorganismos al momento de descomponer la materia orgánica la utilizan como sustrato para su crecimiento y desarrollo.

En los resultados de aceites y grasas se observa una diferencia bien marcada, ya que en la investigación de Apaza (2017) tiene mayor valor porque las aguas residuales son de industria láctea donde presentan gran cantidad de materia orgánica más que el agua residual doméstica; por lo que se observa que los microorganismos de montaña tienen una eficiencia de 65%, mientras con microorganismos eficientes un 87% de eficiencia.

En la concentración de DQO, el mayor valor se encuentra en la investigación de Apaza (2017) con las aguas residuales de industria láctea sin tratamiento con un valor de 5 045mg/L debido a la presencia de componentes de la leche mientras que el contenido orgánico en aguas residuales domesticas es menor. Se observa que los microorganismos de montaña tienen una eficiencia del 91.6% más que los microorganismos eficientes.

Lo notorio en la investigación es que los valores de DBO son menores al DQO debido a que uno de ellos oxida las sustancias biodegradables y el otro no, cabe resaltar que Apaza (2017) no evaluó el DBO solo tomo referencia de sus antecedentes mientras que en la investigación de Díaz & Collantes (2019) la remoción de DBO redujo de 110.2 hasta 8.5 mg/L, obteniéndose una eficiencia del 92%.

Finalmente, con respecto a la remoción de Coliformes totales y Coliformes fecales del agua residual con microorganismos de montaña, se observa una eficiencia logrando disminuir la concentración de los microorganismos contaminantes, mientras en la investigación con microorganismos eficientes el autor no considero. Existiendo una variación en la toma de elección de parámetros para que sean evaluados.

3.2. Discusión

En resumen a los resultados obtenidos en la presente investigación se analiza que el tratamiento del agua residual según la investigación de Apaza et al. (2017) la concentración más óptima y eficaz es de 40 ml de microorganismos eficientes en 16L de agua residual

durante 30 días, mientras la investigación de Díaz & Collantes (2019) que trabajo con 300 ml de microorganismos de montaña en 20L tuvo una gran eficiencia en 20 días; asimismo menciona Mamani & Chavez (2018) que trabajo con 4 L de EM en 15 días alcanzo una eficiencia de 80%, demostrando que los tratamientos son diferentes respecto al testigo y al periodo de evaluación, además esto no influye en los parámetros de SST, CTT pero si al DBO5.

Respecto al valor de pH Apaza et al. (2017) al utilizar los microorganismos eficientes en aguas residuales de industria láctea el pH aumento hasta un valor ligeramente neutro ya que aún inicio era ácido, para Arango & Sanches (2009) la gran cantidad de compuestos ácidos generados por la fermentación de la lactosa producen un descenso el pH a 4,5 – 5,0 es decir por la ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico. Lo mismo nos recalca Santamaría, Álvarez & Zamora (2015) que las aguas residuales descargadas del sector lácteo presentan alto contenido de materia orgánica, obteniendo el autor un pH de 4.74. Mientras en la investigación de Tito Díaz & Lenin Collantes (2019) a pesar de que el pH de su agua residual domestica estaba dentro de LMP con el uso de microorganismos de montaña hubo una leve disminución del pH hasta un valor neutro, esto se debe a la degradación de la materia orgánica por el grupo de bacterias ácidos lácticas acercándose a un pH neutro (Russell, 2012).

La presencia de microorganismos es un factor importante para explicar la variabilidad en los resultados de los parámetros y el efecto que tiene en las aguas residuales, especialmente en la remoción de aceites y grasas, lo que afirma Beltran & Campos (2008) que los microorganismos eficaces son eficientes en la remoción de aceites y grasas del agua residual doméstica debido a que las bacterias de este consorcio generan una enzima que se encarga de desdoblar la materia orgánica haciendo que disminuya el valor de este parámetro. Otra eficiencia que se puede encontrar de acuerdo a Toc (2012) determinó que la eficiencia de microorganismos eficientes en la reducción de DBO5 fue 98% una concentración de 1/1000; por otro lado, Cardona & Garcia (2008) realizó trabajos de tratamiento con EM en aguas residuales a una dosis de 1:3000, 1:5000 y 1:10000, en las cuales los resultados fueron

diferentes, el DBO se incrementó a medida que se aumenta las dosis de microorganismos en los diferentes tratamientos con respecto al testigo, esto se atribuye al incremento de aguas residuales con dosis de choque para contrarrestar la evaporación; siendo esta uno de las afirmaciones que se basó la investigación (Apaza, 2017) para no considerar su resultado de DBO; otra variación se tuvo en la investigación de microorganismos nativos (*Aspergillus spp*, *Lactobacillus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Bacillus subtilis*) en las variables DBO, DQO que fueron superiores a los LMP del ministerio del ambiente D.S. Nro 003-2010 MINAM ya que al oxidar la materia orgánica de fácil degradación sigue la demanda de oxígeno para oxidar la materia inorgánica existente en el medio, la cual elevo los resultados en el estudio (Luvi, 2014).

4. Conclusiones

4.1. Conclusiones

Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos en base a las investigaciones experimentales, que el tratamiento de microorganismos eficientes que se eligió de la investigación de Apaza (2017) tiene una gran eficiencia en la remoción de parámetros como SST y aceites y grasas, sin embargo, con el tratamiento de microorganismo de montaña de Díaz y Collantes (2019) existe una mayor eficiencia en cuanto a la remoción de parámetro que es el DQO, DBO, coliformes totales y coliformes fecales presentes en el agua residual.

Analizando la investigación presente se puede decir que el uso de microorganismos para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales demuestra la eficacia en la reducción de los valores. Se resalta que los microorganismos de montaña en comparación a los microorganismos eficientes, en cuanto a la remoción de DQO y DBO es óptimo y eficaz, mejorando de esta manera la calidad de agua y disminuyendo el grado de contaminación. Además, se afirma basado en los análisis del estado de arte, que los microorganismos eficaces cumplen un papel importante para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales ya que es más investigada y conocida.

Finalmente, cabe resaltar en este artículo que las características compactas y la facilidad del tratamiento varían respecto a las dosis y al tiempo que se deja actuar. El tratamiento que se va dar al agua residual debe adaptarse al tipo de uso que se destina.

Teniendo en cuenta el análisis descripto, este artículo se convierte en una herramienta para fomentar la investigación de los microorganismos y el manejo de ellos para así encontrar una manera de restaurar las aguas y no se ha un elemento restrictivo.

5. Referencias

- Apaza, A. (2017). *Uso de Microorganismos Eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea, LIMA - 2017*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Arocutipa, J. H. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari-Sandia*. Puno.
- Aymerich, S. (2012). Conceptos para el tratamiento de residuos lácteos. En *Tratamiento de residuos Lácteos* (págs. 10-23). San Jose. Costa Rica: Centro Nacional de Producción Más Limpia.
- Beltran, T., & Campos, C. (2008). *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru .
- Cardona, J., & Garcia, L. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Bogota D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- Davies, P. S. (2005). *The biological basis of wastewater Treatment*. Strathkelvin Instruments Ltd.
- Díaz, T., & Collantes, L. (2019). Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo o - San Martín 2018. Tarapoto, San Martin: Universidad Peruana Union.
- Giraldo, E. (noviembre de 2001). Tratamiento de Lixiviados. *Ingeniería 14*. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70357/?fbclid=IwAR2W-IaS1Pp9v47-R_hicUZ-veDyYiTKiDofiCksUO6E1cibM_3Za4SSU8
- Higa, T., & Parr, J. (1994). *BENEFICIAL AND EFFECTIVE MICROORGANISMS FOR A SUSTAINABLE AGRICULTURE AND ENVIRONMENT*. Atami, Japan: International Nature Farming Research Center.
- iAgua Magazine 12*. (25 de Enero de 2017). Obtenido de iAgua.es: <https://www.iagua.es/noticias/espana/redaccion-iagua/17/01/25/25-frases-impactantes-que-te-convencieran-que-futuro-pasa>
- Montalván, A., Aguilera, Y., & Veitia, E. (10 de noviembre de 2017). Análisis multicriterio para la gestión integrada de aguas residuales. *Ingeniería Industrial*, 67.

- MVCS, M. d. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones*. Obtenido de <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- OEFA, O. d. (2014). *Fiscalización en Aguas Residuales*. MINAM.
- PNUD, P. d. (2006). *Informe sobre el desarrollo humano*. Organización de Naciones Unidas (ONU).
- Reyes M, B. (2004). Estabilización de los lodos septicos que proviene de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces .
- Rolim, M. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Santa Fe Bogotá – Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez Cabrera, M. M. (2014). Evaluación de la capacidad de Depuración de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas, Moyobamba 2014. Moyobamba: Unsm.
- Suchini Ramirez, J. G. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Toc A, M. R. (2012). Tesis de investigación "efecto de los microorganismos eficientes (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de zamorao".
- UNESCO. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales*. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Vargas L., P. (2006). Efecto de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas servidas del C.P Huarpampa-Olleros .
- VENTRAT, V. d. (2016). *Plantas de Tratamiento de Aguas Industriales*. Estado Lara, Venezuela: VENTRAT S.A. Obtenido de VENTRAT: <http://ventrat.com/pag/plantas/industriales.html>
- Zambrano Perez, C. (2009). *Aguas Residuales: Clasificación, características y composición*.