

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

## **Eficiencia de los microorganismos de montaña, microorganismos eficientes e hidróxido de sodio en la remoción de contaminantes de los efluentes del Restaurante-Pollería La Canga, Tarapoto**

Tesis para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental

### **Autores:**

Erick Inche Del Aguila

Miguel Angel Rengifo Santa María

### **Asesor:**

Mg. Andrés Erick Gonzales López

**Tarapoto, diciembre del 2020**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo, Mg. Erick Gonzales López, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA, MICROORGANISMOS EFICIENTES E HIDRÓXIDO DE SODIO EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES DEL RESTAURANTE-POLLERÍA LA CANGA, TARAPOTO”** constituye la memoria que presentan los Bachilleres Erick Inche Del Aguila y Miguel Ángel Rengifo Santa María, 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 08 días del mes de enero del año 2021.



A horizontal line is drawn below the signature. Below the line, the word "Asesor" is printed in a bold, sans-serif font.

Mg. Andres Erick Gonzales López



## **Dedicatoria**

La presente investigación de tesis va dedicado a nuestros amados padres, Janet Del Águila Pinchi, Angelita María Santa María Serra y Jhonny Rengifo Rodríguez. Que con mucho sacrificio nos brindaron su apoyo y su amor incondicional en nuestra formación académica y profesional.

A nuestros amigos y compañeros que nos acompañaron en este tiempo dentro y fuera de las aulas de la universidad.

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos la vida, salud y las fuerzas para saber enfrentar cada reto de nuestras vidas, y permitido que podamos culminar con éxito esta investigación.

A la familia Alvarado del Águila y Pinedo Pinedo, con sus cariños y apoyo estuvieron ayudándonos de una u otra manera.

A nuestro asesor Mg. Andres Erick Gonzales López, por su tiempo y dedicación para poder desarrollar esta investigación.

A nuestros queridos docentes Blgo. Oscar Rojas Sánchez, Ing. Carmelino Villegas Almestar, Ing. Manuel Toribio Yalico, Ing. Jhon Patrick Bartra Ríos por haber compartido sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de nuestra preparación profesional.

## Índice

|  |      |
|--|------|
| Dedicatoria.....   | iii  |
| Agradecimiento.....  | v    |
| Índice.....  | vi   |
| Resumen.....   | xii  |
| Abstract.....  | xiii |
| Capítulo 1.....  | 14   |
| Introducción.....  | 14   |
| 1.1. Planteamiento del problema.....                             | 14   |
| 1.2. Objetivos.....  | 16   |
| 1.2.1. Objetivo general.....                                     | 16   |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....                                | 16   |
| 1.2. Justificación.....  | 17   |
| 1.3. Presuposición filosófica.....                               | 19   |
| Capítulo 2.....  | 20   |
| Revisión de literatura.....                                      | 20   |
| 1.1. Marco Conceptual.....                                       | 20   |
| 1.1.1. Definición de aguas residuales.....                       | 20   |
| 1.1.2. Agua residual doméstica.....                              | 20   |
| 1.1.3. Agua residual municipal.....                              | 20   |
| 1.1.4. Agua residual industrial.....                             | 20   |
| 1.1.5. Parámetros físico-químicos del agua de agua residual..... | 21   |
| 1.1.6. Microorganismos.....                                      | 24   |
| 1.1.7. Clasificación de los organismos.....                      | 24   |
| 1.1.8. Función de los microorganismos.....                       | 25   |
| 1.1.9. Grupo de microorganismos.....                             | 25   |
| 1.1.10. Microorganismos eficientes.....                          | 26   |
| 1.1.11. Activación de los microorganismos eficientes.....        | 26   |
| 1.1.12. Composición de los microorganismos eficientes.....       | 27   |
| 1.1.13. Aplicación de los microorganismos eficientes.....        | 28   |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.14. Microorganismo de montaña .....   | 29 |
| 2.1.15. Captura y activación de microorganismos de montaña .....                              | 30 |
| 2.1.16. Descripción de la soda caustica .....   | 31 |
| 2.2. Antecedentes de la investigación.....  | 31 |
| Capítulo 3.....   | 34 |
| Materiales y métodos .....  | 34 |
| 3.1. Descripción del lugar de ejecución.....  | 34 |
| 3.2. Población y muestras .....   | 37 |
| 3.2.1. Población .....  | 37 |
| 3.2.2. Muestra .....  | 37 |
| 3.2.3. Diseño de la investigación.....  | 37 |
| 3.3. Formulación de hipótesis.....  | 37 |
| 3.4. Identificación de variables.....   | 38 |
| 3.5. Operacionalización de variables.....   | 39 |
| 3.6. Instrumentos de recolección de datos.....  | 41 |
| 3.7. Plan de procesamiento de datos.....  | 41 |
| 3.8. Metodología de la investigación.....   | 41 |
| 3.8.1. Etapa 01 - Gabinete inicial .....  | 42 |
| 3.8.2. Epata 02 - Campo .....   | 42 |
| 3.8.3. Etapa 03 – Laboratorio .....   | 44 |
| 3.8.4. Etapa 04 – Gabinete Final .....  | 48 |
| Capítulo 4.....   | 51 |
| 4.1. Resultados.....  | 51 |
| 4.1.1. Calidad del efluente de la pollería la Canga .....                                     | 51 |
| 4.1.2. Eficiencia de remoción de contaminantes a los tres días.....                           | 51 |
| 4.1.3. Eficiencia de remoción de contaminantes a los siete días .....                         | 55 |
| 4.1.4. Análisis de varianza para la eficiencia de remoción, a los tres días .....             | 58 |
| 4.1.5. Análisis de varianza para la eficiencia de remoción, a los siete días .....            | 67 |
| 4.1.6. Análisis comparativo por tratamiento.....  | 75 |
| 4.1.6.1. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos en los 3 primeros días ..... | 75 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.6.2. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos a los 7 días | 76 |
| 4.2. Discusiones  | 77 |
| Capítulo 5  | 80 |
| Conclusiones y Recomendaciones  | 80 |
| 5.1. Conclusiones   | 80 |
| 5.2. Recomendaciones  | 83 |
| Referencias   | 84 |
| Anexos  | 87 |



## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente.....                              | 39 |
| Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente.....                                | 40 |
| Tabla 3. Tratamientos para los efluentes.....  | 49 |
| Tabla 4. Calidad del efluente de la pollería La Canga .....                                | 51 |
| Tabla 5. Eficiencia de remoción (%) del efluente de la pollería La Canga a los 3 días...52 |    |
| Tabla 6. Porcentaje de eficiencia de remoción entre los 3 tratamientos a los 3 días .....  | 53 |
| Tabla 7. Eficiencia de remoción (%) del efluente de la pollería La Canga a los 7 días...55 |    |
| Tabla 8. Porcentaje de eficiencia de remoción entre los 3 tratamientos a los 7 días .....  | 56 |
| Tabla 9. Análisis de varianza para AyG a los tres días .....                               | 58 |
| Tabla 10. Análisis de varianza para DBO a los tres días .....                              | 59 |
| Tabla 11. Análisis de varianza para DQO a los tres días .....                              | 60 |
| Tabla 12. Análisis de varianza para SST a los tres días.....                               | 62 |
| Tabla 13. Análisis de varianza para Color a los tres días.....                             | 63 |
| Tabla 14. Análisis de varianza para CE a los tres días.....                                | 64 |
| Tabla 15. Análisis de varianza para Turbidez a los tres días .....                         | 65 |
| Tabla 16. Análisis de varianza para AyG a los siete días .....                             | 67 |
| Tabla 17. Análisis de varianza para DBO a los siete días.....                              | 68 |
| Tabla 18. Análisis de varianza para DQO a los siete días .....                             | 69 |
| Tabla 19. Análisis de varianza para SST a los siete días.....                              | 70 |
| Tabla 20. Análisis de varianza para Color a los siete días .....                           | 72 |
| Tabla 21. Análisis de varianza para CE a los siete días .....                              | 73 |
| Tabla 22. Análisis de varianza para Turbidez a los siete días.....                         | 74 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación de la Empresa Servicios Turísticos Caravana Tropical S.A.C. La Canga      | 35 |
| Figura 2. Ubicación del laboratorio Santa Rosa de Lima .....                                  | 36 |
| Figura 3. Procedimientos de los tratamientos sobre los efluentes .....                        | 50 |
| Figura 4. Porcentaje de eficiencia de remoción de los tratamientos a los 3 días .....         | 54 |
| Figura 5. Porcentaje de eficiencia de remoción de los tratamientos a los 7 días .....         | 57 |
| Figura 6. Porcentaje de eficiencia de remoción de AyG a los 3 días.....                       | 59 |
| Figura 7. Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO a los 3 días .....                      | 60 |
| Figura 8. Porcentaje de eficiencia de remoción de DQO a los 3 días.....                       | 61 |
| Figura 9. Porcentaje de eficiencia de remoción de SST a los 3 días.....                       | 63 |
| Figura 10. Porcentaje de eficiencia de remoción de Color a los 3 días .....                   | 64 |
| Figura 11. Porcentaje de eficiencia de remoción de CE a los 3 días .....                      | 65 |
| Figura 12. Porcentaje de eficiencia de remoción de Turbidez a los 3 días .....                | 66 |
| Figura 13. Porcentaje de eficiencia de remoción de AyG a los 7 días.....                      | 68 |
| Figura 14. Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO a los 7 días .....                     | 69 |
| Figura 15. Porcentaje de eficiencia de remoción de DQO a los 7 días.....                      | 70 |
| Figura 16. Porcentaje de eficiencia de remoción de SST a los 7 días.....                      | 71 |
| Figura 17. Porcentaje de eficiencia de remoción de Color a los 7 días .....                   | 72 |
| Figura 18. Porcentaje de eficiencia de remoción de CE a los 7 días .....                      | 73 |
| Figura 19. Porcentaje de eficiencia de remoción de Turbidez a los 7 días .....                | 74 |
| Figura 20. Porcentaje de remoción de los parámetros en los tratamientos a los tres días ..... | 75 |
| Figura 21. Porcentaje de remoción de los parámetros en los tratamientos a los 7 días .....    | 76 |

## Índice de anexos

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1. Prueba de Tukey a los 3 días .....                           | 87  |
| Anexo 2. Prueba de Tukey a los 7 días .....                           | 89  |
| Anexo 3. Ficha de recolección de datos.....                           | 91  |
| Anexo 4. Resultados del laboratorio antes del tratamiento.....        | 92  |
| Anexo 5. Resultados del laboratorio a los 3 días del tratamiento..... | 95  |
| Anexo 6. Resultados del laboratorio a los 7 días del tratamiento..... | 99  |
| Anexo 7. Panel fotográfico .....                                      | 100 |

## Resumen

Las aguas residuales industriales tienen distintas características tanto en sus parámetros fisicoquímicos y como en los microbiológicos, y esto depende del rubro de cada industria. Uno de estos parámetros de las aguas residuales industriales es la presencia de aceites y grasas, que en concentraciones elevadas suelen ser un gran problema para el ambiente, debido a su difícil proceso de tratamiento y al daño que provocan al contaminar el suelo y los cuerpos de agua donde son vertidos. También se tiene que las empresas que se dedican al rubro de elaboración de alimentos perecibles y de consumo masivo como son los restaurantes y pollerías suelen generar niveles elevados de aceites y grasas que proceden del proceso de elaboración de los alimentos y como parte de los desechos, los cuales presentan en su composición aceites y grasas. El objetivo de nuestro trabajo de investigación es evaluar la eficiencia de microorganismos de montaña, microorganismos eficientes e hidróxido de sodio en la remoción de contaminantes presentes en los efluentes de la pollería la Canga. Al realizar un análisis de dichos efluentes antes de los tratamientos se obtuvieron valores de los contaminantes fisicoquímicos como, aceites y grasas, DBO, DQO, SST, CE, Color y Turbidez, no cumplen los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. Realizado la aplicación de los 3 tratamientos se obtuvo que de lo analizado se puede concluir que en la aplicación de los 3 tratamientos tanto con NaOH al 20%, EM y MM, se tuvo una eficiencia de remoción compartida entre los MM para los parámetros de AyG, DBO y DQO, y EL NaOH al 20% para los parámetros de SST, Color, CE y Turbidez, durante los primeros 3 días de tratamiento a los efluentes de la Pollería La Canga. A los 7 días de la aplicación de los 3 tratamientos, se obtuvieron resultados ya más definidos en cuanto a la eficiencia de remoción por parte de los microorganismos de montañas, siendo así el que obtuvo mayor porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos de AyG, DQO, SST, CE, Color y Turbidez. Siendo los tratamientos con MM y EM los más efectivos para la remoción de contaminantes de los efluentes de la pollería La Canga.

Palabras claves: Microorganismos de montaña, Microorganismos eficientes, NaOH, efluentes

## **Abstract**

Industrial wastewater has different characteristics in both its physicochemical and microbiological parameters, and this depends on the heading of each industry. One of these parameters of industrial wastewater is the presence of oils and fats, which in high concentrations tend to be a big problem for the environment, due to their difficult treatment process and the damage they cause by contaminating the soil and bodies of water where they are dumped. It is also necessary that the companies that are dedicated to the production of perishable and mass consumption foods such as restaurants and poultry shops usually generate high levels of oils and fats that come from the food preparation process and as part of the waste, which have oils and fats in their composition. The objective of our research work is to evaluate the efficiency of mountain microorganisms, efficient microorganisms and sodium hydroxide in the removal of pollutants present in the effluents of La Canga chicken. When carrying out an analysis of said effluents before the treatments, values of physicochemical pollutants such as oils and fats, BOD, COD, SST, CE, Color and Turbidity were obtained, they do not comply with the VMA of Supreme Decree N° 010-2019HOUSING. After applying the 3 treatments, it was obtained that from what was analyzed it can be concluded that in the application of the 3 treatments with both 20% NaOH, EM and MM, there was a removal efficiency shared between the MM for the A and G parameters., BOD and COD, and 20% NaOH for the parameters of SST, Color, EC and Turbidity, during the first 3 days of treatment to the effluents of Pollería La Canga. Seven days after the application of the 3 treatments, more defined results were obtained in terms of removal efficiency by mountain microorganisms, thus being the one that obtained the highest percentage of removal efficiency of the physicochemical parameters of AyG, COD, SST, CE, Color and Turbidity. Being the treatments with MM and EM the most effective for the removal of pollutants from the effluents of the La Canga chicken factory.

**Keywords:** Mountain microorganisms, Efficient microorganisms, NaOH, effluents

## Capítulo 1

### Introducción

#### 1.1. Planteamiento del problema

En los países desarrollados de Europa, el consumo total del agua del 59% se destina al uso industrial; 30% para la agricultura y un 11% para el uso doméstico. Según el informe de las Naciones Unidas de 2003, sobre el desarrollo de los recursos hídricos, agua para todos, agua para la vida, indica que, para el 2025 el agua destinada al uso industrial alcanzará los 1170 Km<sup>3</sup>/año, cifra que en 1995 se encontraba en 752 Km<sup>3</sup>/año. El sector industrial no solo es el que más agua gasta, sino también el que más contamina, el 70% de los residuos generados de las industrias en los países en vías de desarrollo se vierte a cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento previo; contaminando así el recurso hídrico disponible Fernández, A, Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J.( 2006).

Las aguas residuales industriales tienen distintas características tanto en sus parámetros fisicoquímicos y como en los microbiológicos, y esto depende del rubro de cada industria. Uno de estos parámetros de las aguas residuales industriales es la presencia de aceites y grasas, que en concentraciones elevadas suelen ser un gran problema para el ambiente, debido a su difícil proceso de tratamiento y al daño que provocan al contaminar el suelo y los cuerpos de agua donde son vertidos. También se tiene que las empresas que se dedican al rubro de elaboración de alimentos perecibles y de consumo masivo como son los restaurantes y pollerías suelen generar niveles elevados de aceites y grasas que proceden del proceso de elaboración de los alimentos y como parte de los desechos, los cuales presentan en su composición aceites y grasas. Vidales, A., Leos, M., & Campos, M. (2010).

En el Perú el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] en el año 2009 aprobó mediante decreto supremo la norma que regula los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de efluentes no domésticos en el sistema de alcantarillado, esto regula la descarga de los efluentes de los usuarios no domésticos o industrias a los sistemas de alcantarillado, el cual establece el límite que deben tener los parámetros fisicoquímicos considerados en el Anexo 1 y Anexo 2 del presente decreto, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, además del cuidado del ambiente.

En la ciudad de Tarapoto, en los últimos años se ha comenzado a desarrollar los servicios de turismo y gastronomía, siendo este último, uno de los servicios que conlleva un desarrollo de mayor control, en cuanto a su generación de residuos de naturaleza orgánica mayoritariamente. Debido a que, en nuestra ciudad, el incremento de restaurantes, pollerías, cevicherías y comercios informales de venta de alimentos preparados, han provocado que el volumen de vertimiento de residuos sólidos a los desagües, vayan en aumento ocasionando impactos a la contaminación al ambiente. La pollería La Canga es una empresa dedicada al rubro de los alimentos preparados, la cual, debido a su incremento en producción y expansión de locales, generan un gran volumen de residuos (grasas y aceites). De acuerdo a la normativa DS N°010-2019-VIVIENDA, estos deben tener un tratamiento previo antes de ser vertidos a los desagües. Sin embargo el proceso de tratamiento para estos residuos (grasas y aceites), no están bien orientados en nuestro país, por lo que no se considera una manera adecuada y estándar a nivel nacional, para poder tratar dichos residuos, solo se tiene conocimientos de tecnologías como la trampa de aceites y grasas, además de la utilización en concentraciones mínimas de soda caustica, para poder reducir el nivel de grasa y aceites, siendo estos poco

eficientes. Es por ello que el presente proyecto de investigación busca utilizar microorganismo de montañas y microorganismos eficientes como un método natural para el tratamiento de aceites y grasas presentes en los efluentes de la pollería la Canga en la ciudad de Tarapoto, y de esta manera cumplir por lo estipulado en la normativa DS N°010-2019-VIVIENDA.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de microorganismos de montaña, microorganismos eficientes e hidróxido de sodio en la remoción de contaminantes presentes en los efluentes de la pollería la Canga.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de contaminantes fisicoquímicos (aceites y grasas, DBO, DQO, SST, pH, Color) presentes en los efluentes de la pollería la Canga.
- Comparar los resultados obtenidos con los Valores Máximos Admisibles de la norma DS N°010-2019-VIVIENDA.
- Determinar la eficiencia del tratamiento con Microorganismos de montaña en la remoción aceites y grasas y otros parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color).
- Determinar la eficiencia del tratamiento con Microorganismos eficientes en la remoción aceites y grasas y otros parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color).
- Determinar la eficiencia del tratamiento con NaOH, en la remoción aceites y grasas y otros parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color).



- Evaluar cuál de los tratamientos (MM, EM y NaOH), presenta mejor eficiencia de remoción de aceites y grasas que cumple con la norma DS N°010-2019-VIVIENDA.

## **1.2. Justificación**

En los últimos años observamos como nuestro planeta se está deteriorando por tomar decisiones erradas en cuanto a la utilización de los recursos hídricos, debido a esto es que este recurso está siendo afectado por las actividades antrópicas que se realizan, generando contaminación de diferentes tipos que se vierten en el agua superficial, haciendo cada vez más costoso el proceso de tratamiento para la generación de agua potable. El crecimiento poblacional y urbanístico ha ido en aumento, generando gran demanda en el consumo alimentos por parte de la población, trayendo consigo nuevos negocios o establecimientos de venta de comida, las cuales usan el recurso hídrico para su producción y transformación de la materia prima, producto de esta transformación es que se generan desechos de naturaleza orgánica e inorgánica que en su mayoría son vertidos por el sistema de alcantarillado sin tomar en cuenta realizar un tratamiento previo antes de su vertimiento. Los aceites usados como parte en la elaboración de alimentos constituyen un serio problema de impacto ambiental dado que estas se vierten en un cuerpo de agua natural, de las cuales la mayoría de veces sin previo tratamiento, causando contaminación de dicho recurso.

En el Perú debido a la contaminación de los cuerpos de agua por los contaminantes provenientes de las aguas residuales no domésticas, ha generado la preocupación de distintas empresas y autoridades nacionales vinculadas al cuidado y manejo de los recursos hídricos, una de ellas es el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento que promulgó el DS N°021-2009-VIVIENDA donde establece los valores máximos admisibles [VMA] de algunos contaminantes fisicoquímicos, actualmente se cuenta su modificatoria mediante el

DS N°010-2019-VIVIENDA, de la cual el organismo fiscalizador es la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS] y el Órgano Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento [OTASS] se encarga de velar por cumplimiento de lo establecido en el decreto supremo, fiscalizando a las empresas o negocios que producen aguas residuales no domésticas.

En la ciudad de Tarapoto presenta gran número de empresas dedicadas al rubro de restaurantes y pollerías de la cuales producen una cantidad considerable de contaminantes en sus descargas, como resultado de su mala gestión en sus medidas preventivas y correctivas del tratamiento previo de sus aguas residuales, de las cuales perjudican a los sistemas de alcantarillado. Es por eso las empresas fiscalizadoras están implementando medidas de sanción a nivel económico a las empresas que no disminuyen las concentraciones de sus contaminantes en sus efluentes.

En el mercado existen diferentes tecnologías para el tratamiento de los contaminantes presentes en las aguas residuales no domésticas, pero estas resultan ser costosas y a la vez, muchas generan otros tipos de contaminantes. Es por ello que los MM se presentan como una alternativa de manera natural y de solución sostenible ya que cumplen una acción muy importante en el tratamiento de aguas residuales no domésticas, debido a su alta eficiencia, bajos costos y no generar toxicidad para el hombre. Estos ayudan a descomponer la materia orgánica de una manera más natural provocando su desdoblamiento debido a su actividad enzimática, sin generar concentraciones elevadas de metabolitos que pudieran ser perjudiciales y contaminar los cuerpos de agua

El presente trabajo se justifica en la necesidad de reducir la contaminación del medio ambiente con la finalidad determinar la eficiencia de los microorganismos de montaña,

microorganismos eficientes y NaOH, en reducir los niveles de aceites y grasas presentes en los efluentes vertidos de la empresa “La Canga”.

### **1.3. Presuposición filosófica**

Génesis 1:28 establece “Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra” (Reyna Valera 1960). Dios desde un principio dio una orden muy especial al hombre que es de cuidar y preservar su creación, incluyendo el recurso hídrico y todo ser viviente existente en la tierra.

Este trabajo de investigación tiene por finalidad, contribuir al cuidado de las fuentes hídricas a través de un adecuado manejo, sencillo y sostenible de las aguas residuales domesticas generadas. Cumpliendo de esta manera el mandato que Dios nos ha dado.

## Capítulo 2

### Revisión de literatura

#### 1.1. Marco Conceptual

##### 1.1.1. Definición de aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características físico-químicas originales han sido alteradas por actividades humanas y requieren un tratamiento previo antes de ser vertidas a un cuerpo natural o ser dispuestas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).

##### 1.1.2. Agua residual doméstica

Las aguas residuales domésticas proceden de desechos fecales y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y otros restos provenientes de la actividad humana. Básicamente suelen tener gran abundancia de materia orgánica y microorganismos, como, detergentes y grasas (Espigares & Pérez, 2008).

##### 2.1.3. Agua residual municipal

Son aquellas aguas residuales domesticas mezcladas con aguas de la red de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial con previo tratamiento, para ser vertidas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).

##### 2.1.4. Agua residual industrial

Son aquellas que provienen de un proceso productivo, tales como la actividad minería, energética, agrícola, agroindustrial, entre otros (OEFA, 2014).

### 2.1.5. Parámetros físico-químicos del agua de agua residual

- **Temperatura**

Este parámetro tiene relación con los cambios en el metabolismo de los seres que viven en el bioma acuático y con el oxígeno disuelto (OD). El incremento de la temperatura reduce la solubilidad de gases y aumenta la concentración de las sales presentes en el agua (Ocasio, 2008).

- **pH**

Es la medida de concentración ion de hidrogeno ( $H^+$ ), este parámetro es el que tiene gran influencia en el equilibrio químico del agua. Las soluciones están desde muy acido a muy bajo, esto se debe a la alta concentración de iones de  $H^+$  y  $OH^+$ . El crecimiento de microorganismos es afectado por los valores de pH demasiado altos o bajos, donde los valores del pH van desde el rango 0 a 14, con 7 como valor neutro (Ortiz, 2011).

- **Color**

El agua pura es incolora, pero las sustancias naturales presentes en ella le proporcionan ciertas tonalidades. El agua polucionada puede contener una gran variedad de compuestos colorantes orgánicos, minerales o ambos. Los desechos industriales dan a las aguas algunas veces colores característicos, pero generalmente es difícil relacionar directamente color y polución. Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en una solución; el contacto del agua con los desechos orgánicos, hojas madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, acido húmico y algunos residuos industriales. La remoción de color es una función

del tratamiento del agua y se realiza para hacer un agua adecuada para uso general e industrial. (Saavedra, 2017)

- **Turbiedad**

Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, es como la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad puede ser originada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño de dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre los que destaca arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos etc. (Saavedra, 2017).

- **DBO**

Es uno de los parámetros que más se utiliza en la caracterización de contaminantes tipo orgánico. Este parámetro brinda un estimado del oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos en la descomposición de los compuestos biodegradables (Ortiz, 2011).

La determinación de la DBO implica conocer el oxígeno que es consumido por los microorganismos en un intervalo de tiempo, porque existe una relación cuantitativa entre el oxígeno consumido y la concentración de materia orgánica que se transforma en amoníaco y dióxido de carbono (Menéndez & Pérez, 2007).

- **DQO**

La demanda química de oxígeno se usa para calcular el oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica oxidable químicamente, mediante el uso de un ácido fuerte y en temperatura alta (Menéndez & Pérez, 2007).

- **Sólidos Totales**

Se define como sólidos a la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. Incluye toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En la ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en proceso de tratamiento. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada, preferentemente de porcelana sobre un baño de maría y luego se seca a 103 – 105° C, el incremento del peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total. Delgadillo, O, Camacho, A, Pérez, L, Andrade, M, (2010)

- **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión numérica de la habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductibilidad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas en la movilidad de los iones disueltos y en la valencia implica

un cambio en la conductividad. Por ello el valor de la conductividad es muy usado en análisis de agua para obtener un estimado del contenido de sólidos disueltos.

Delgadillo, O, Camacho, A, Pérez, L, Andrade, M, (2010).

#### **2.1.6. Microorganismos**

El microorganismo se define como un ser vivo, también llamados microbios, son organismos extremadamente pequeños que solo pueden ver bajo un microscopio. Los microorganismos son uno de los organismos más diversos donde incluyen bacterias, hongos, arqueas, protozoos, algas, hongos y virus (Zion National Park, 2014).

#### **2.1.7. Clasificación de los organismos**

Los microorganismos se clasifican en 2 grupos: Eucariotas y procariotas.

- **Eucariotas**

Estas células se encuentran presentes en animales, plantas, hongos y protistas, organismos que son caracterizados como pluricelulares ya que están integrados por un gran número de células que dan origen a tejidos, órganos y sistemas. Las células eucariotas tienen un grado mayor en organización que las células procariotas, debido a que tienen un mayor tamaño, a la existencia de una gran variedad de organelas situadas en el citoplasma y cuenta con la presencia de un núcleo más definido gracias a la membrana que lo rodea, en donde se encuentran varios cromosomas, estructuras que no cuenta la célula procariota (Herrera, Zapata & Villa, 2016).

- **Procariotas**

A diferencia de las células eucariotas, estas células procariotas están presentes en organismos unicelulares, es decir aquellos que están constituidos por una sola



célula. Pueden realizar los procesos como: desplazamiento, búsqueda de alimento y reproducción, realizan estas funciones de manera independiente Alvarez, (2006).

#### **2.1.8. Función de los microorganismos**

El agua residual por lo general contiene una gran variedad de microorganismos, estos cumplen diversas funciones, principalmente bacterias, como equilibrar la materia orgánica, remover la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) así como la coagulación de sólidos de forma coloidal. Comúnmente estos organismos se los caracterizan por consumir la materia orgánica, para convertir cierta parte de esta materia en tejido celular y la otra parte es eliminada al ambiente en forma de gases. Siendo el tratamiento de aguas residuales más factible puesto que el tejido celular formado es adherido por la sedimentación y los gases son eliminados de forma natural en el agua tratada. Finalmente, ocurrido este proceso, la materia orgánica ha sido eliminada (Metcalf, 2008).

#### **2.1.9. Grupo de microorganismos**

Los grupos de microorganismos son aquellos que pueden vivir en sociedad entre la misma especie o con diferentes géneros, incluyéndose en estos diferentes tipos de reinos como son los reinos Monera, Fungí y Protista. Esta conglomeración de Microorganismos en un mismo ambiente permite la eficiencia en cuanto a la simulación de nutrientes y aun balance ideal en cuanto a sus necesidades de supervivencia, ya que en algún momento pueden darse una simbiosis de manera indirecta. Álvarez, (2006)

#### **2.1.10. Microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes cuya abreviatura en inglés EM, *efficient microorganisms* consiste de un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural, presente en el ecosistema. Esta pionera tecnología fue desarrollada en los años de los ochenta por el Doctor Japonés Teruo Higa que explica que los microbios en el EM no son patógenos dañosos, ni diseñados genéticamente, tampoco es una medicina (Ramirez, 2006).

En el mundo de los microorganismos en EM existen los principales grupos que son las levaduras, actinomicetos, las bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y microorganismos, basándose en su desarrollo que se encuentran en solución líquida a un pH 3.5 para evitar la reproducción de patógenos (Torres & Reyes, 2006).

Los microorganismos eficientes son utilizados principalmente en las industrias agrícolas donde tuvo mucho éxito y se ha extendido a muchos campos. Partiendo de Japón a todo el mundo. No se reportó ningún caso cuando se utilizó durante y después del uso (Torres & Reyes, 2006).

#### **2.1.11. Activación de los microorganismos eficientes**

El EM siempre se encuentra en estado latente o inactivo, para conservarse a largo plazo, por lo cual antes de usarlo necesita ser activado, para ello se necesitan productos secundarios. El EM activado obtiene mayor población de microorganismos benéficos, la activación del EM consiste en 5% de EM y 5% de melaza (Subproducto de la caña de azúcar) diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. El proceso de activación es de una o dos

semanas, el cual la sustancia se encuentra en el proceso de fermentación (Activación). El olor agridulce y un pH de 3.5 o menos indica que el proceso de activación se encuentra completo, este proceso se da solo una vez, no se repite varias veces, sino se pierde equilibrio de los microorganismos (EMPROTEC, 2010).

#### **2.1.12. Composición de los microorganismos eficientes**

- **Bacterias fotosintéticas** (*Rhodospseudomonas palustris*)

Son microorganismos que producen aminoácidos, sustancias bioactivas, ácidos orgánicos, azúcares y vitaminas empleados de otros microorganismos en general, estos suelen ser encontradas en el suelo y aguas donde poseen un buen metabolismo al degradar y reciclar compuestos carbonatados, gran variedad de compuestos aromáticos. El crecimiento óptimo se da entre la temperatura de 30-37 °C. Debido a la variedad de sus líneas metabólicas que puede llegar aplicar este microorganismo según las condiciones ambientales. Su función es producir una serie de coenzimas y enzimas según el caso, dentro de ellas se encuentran hidrolasas, amilasas, proteasas y la coenzima, las cuales actúan directamente en el proceso de remoción de nitratos, sulfitos, hidrocarburos, sulfuro de hidrógeno y nitratos, de esta forma llega a reducir la demanda biológica de oxígeno DBO (Beltrán & Campos, 2016).

- **Bacterias ácido lácticas** (*Lactobacillus spp.*)

Son todas aquellas que producen ácido láctico provenientes de azúcares que son sintetizados por las levaduras y bacterias fotosintéticas. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *Fusarium sp* que ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca (Escalona, 2011).

- **Levaduras** (*Saccharomyces cerevisiae*)

Suelen sintetizar sustancias antimicrobianas y otras sustancias eficaces para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares que son secretados por las bacterias fotosintéticas que interviene el crecimiento de las raíces de las plantas y materia orgánica (Canales & Sevilla, 2016).

- **Actinomicetos** (*Actinomyces israelii*)

Son bacterias que se encuentran comúnmente dentro del grupo de los microorganismos Gram Positivos. Estos funcionan Principalmente como antagonistas de diversos hongos y bacterias de las plantas debido que producen antibióticos, donde benefician la actividad y crecimiento de las micorrizas (Escalona, 2011).

### **2.1.13. Aplicación de los microorganismos eficientes**

El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas. Investigaciones muestran que la inoculación de cultivos de Microorganismos Eficientes al ecosistema del suelo/planta mejora la calidad y salud del suelo, y el crecimiento, producción, calidad de los productos. También en el uso en animales ha demostrado beneficios similares. Los Microorganismos Eficientes puede aumentar significativamente los efectos benéficos en suelos buenos y prácticas agrícolas como rotación de cultivos, uso de enmiendas orgánicas, labranza conservacionista, reciclado de residuos de cultivos y biocontrol de pestes. Los Microorganismos Eficientes ayudan al proceso de

descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y deshechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, que es un importante microorganismo en los Microorganismos Eficientes, suprimen microbios patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetes. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales (EMPROTEC, 2010).

#### **2.1.14. Microorganismo de montaña**

Los microorganismos de montaña se encuentran de forma natural en distintos ecosistemas donde nunca haya existido algún tipo de actividad antrópica. Los MM conforman un promedio de 80 especies de microorganismos, donde existen 10 géneros pertenecientes a 4 grupos de microorganismos: Bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras y actinomicetos (Zeballos, 2017).

Estos microorganismos son un cultivo mixto líquido de microorganismos benéficos (*Rhodopseudomonas spp*, *Lactobacillus spp*, *Sacharomyces spp*, actinomicetos y hongos fermentadores), capturados de sistemas naturales, los cuales no han sido sometidos a modificación genética y se relacionan de forma simbiótica coexistiendo entre sí, lo cual ha generado efectos positivos para un ambiente en equilibrio (Campo, Acosta, Morales, & Prado, 2014).

Diferentes investigaciones han demostrado que los microorganismos benéficos pueden: incrementar el valor nutricional; aumentar la supervivencia y disminuir enfermedades mediante la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas; mantener y mejorar la calidad del agua con la reducción de concentraciones de amonio, nitrito y nitrato en el agua; disminuir la carga elevada de materia orgánica

Campo, A., Acosta, R., Morales, S., & Prado, F., (2014).

#### **2.1.15. Captura y activación de microorganismos de montaña**

Para los microorganismos de montaña se deben considerar ciertas condiciones según

Campo, A., Acosta, R., Morales, S., & Prado, F. (2014), como:

- **Captura de Microorganismos**

Se inicia con la preparación del sustrato, que consiste en la cocción de 1 kg de arroz sin sal durante 15 minutos, hasta obtener una consistencia semiblanda; se reparte en 18 vasos desechables, se cubren los vasos con tela de nylon y se aseguran con cauchos de goma, los cuales serán llevados a cada agrosistema permitiendo la colonización de los organismos en el sustrato.

- **Activación de microorganismos**

Pasados 30 días, se licuarán las mezclas por separado de cada sistema adicionando un kg de melaza y 3 L de agua hervida por cada tratamiento. Se envasará la mezcla en botellas de plástico de 3 L y se fermentarán durante 15 días, cuidando de sacar el gas excesivo. Cuando aparecieron pequeños copos de levadura blancos en la superficie del líquido y el olor agrídulce característico de la mezcla, se considerará el momento de su aplicación al cultivo, para lo cual se

usará una bomba, distribuyendo la mezcla sobre las hojas del cultivo y en el suelo.

#### **2.1.16. Descripción de la soda caustica**

A temperatura ambiente el Hidróxido de Sodio es un sólido cristalino, blanco, sin olor y que absorbe rápidamente Dióxido de carbono y humedad del aire (delicuescente). Es una sustancia muy corrosiva. Cuando se disuelve en agua o cuando se neutraliza con algún ácido libera gran cantidad de calor, el cual puede ser suficiente para hacer que material combustible en contacto con el hidróxido haga ignición. Se usa generalmente como solución del 50% en peso o como sólido que se comercializa como pellets, hojuelas, barras y tortas. Es una sustancia exclusivamente producida por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza en su estado normal. (Gonzales, 2010)

### **2.2. Antecedentes de la investigación**

Sánchez (2014), desarrolló una investigación “Evaluación de la Capacidad de Depuración de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Moyobamba – 2014”. Principalmente objetivo del estudio fue evaluar la capacidad total de la depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales en los siguientes parámetros físico-químicos (OD, pH, T, DQO, DBO, SST, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NTU) y microbiológicos (Coliformes totales y Coliformes fecales). La temperatura disminuyó relativamente durante el tratamiento y el pH aumentó ligeramente hasta valores cercanos a la neutralidad. Asimismo, la turbidez disminuyó en un 64.29% y 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%.

Vásquez (2014), desarrolló la investigación “Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales domésticas de la localidad de Japelacio - 2016”. El objetivo fundamental del estudio fue determinar el efecto de los microorganismos eficientes (ME), para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales. La investigación nos indica que las tres dosis de microorganismos eficientes aplicadas a las unidades experimentales tuvieron una alta remoción de la DBO teniendo valores por debajo de lo establecido de 100 mg/L por el Límite Máximo Permisible (LMP) . Donde el promedio de la muestra testigo de los 12 bloques fué de 460,5 mg/L, el promedio de la dosis de 5 ml de ME en todos los bloques fué de 571.83 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 84,44%, el promedio de la dosis de 10 ml de ME en todos los bloques fue de 30,83 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 93,33% y el promedio de la dosis de 15 ml de ME en todos los bloques fue de 47,41 mg/L con una efectividad de remoción de la DBO al 89,73%.

Beltrán & Campos (2016), presentaron una investigación titulada “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja”. Donde tomaron muestras de agua residual doméstica directamente de la PTAR tanto en el afluente como efluente, en este caso se determinaron los parámetros fisicoquímicos (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, olor, color y temperatura) y microbiológicos (coliformes termotolerantes). La medición de cada parámetro se realizó durante 90 días con una frecuencia de 30 días. Como resultado el pH aumentó ligeramente al igual que la temperatura, la cual tuvo un aumento significativo durante el tratamiento, el olor



tuvo una disminución de 8 a 2, la DBO se removió en 67.10%, la DQO presentó una eficiencia de 68.30%, los STS presentaron 60.69% de eficiencia y los aceites y grasas tuvieron una remoción al 97.60%.

## Capítulo 3

### Materiales y métodos

#### 3.1. Descripción del lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en la empresa Servicios Turísticos Caravana Tropical S.A.C. – La Canga, la que se encuentra ubicada en el distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

La empresa Servicios Turísticos Caravana Tropical S.A.C. se ubica geográficamente en Datum World Geodetic System, Datum 1984 (WGS 84) y con Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), con coordenadas UTM 349399.00 (Este) y 9282533.00 (Norte). En la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación de la empresa Servicios Turísticos Caravana Tropical S.A.C; asimismo, en la figura 2, se muestra la ubicación del Laboratorio Santa Rosa de Lima, lugar donde se realizó la parte experimental de la investigación.





Figura 2. Ubicación del laboratorio Santa Rosa de Lima

Fuente: Elaboración propia (2020)

## **3.2. Población y muestras**

### **3.2.1. Población**

La población está conformada por el volumen de 1000 litros de efluente diarios que produce la pollería La Canga – Tarapoto.

### **3.2.2. Muestra**

Está conformada por una muestra representativa de 180 L de agua residual de la pollería La Canga, la cual se procesó in vitro. Para ello, se llenó nueve recipientes de vidrio con capacidad de 20 L, el volumen de agua residual, fue empleado en el desarrollo del experimento (Collantes & Díaz, 2019).

### **3.2.3. Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación corresponde a un modelo de diseño experimental (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). En este tipo de diseño, se manejan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

Durante el trabajo de investigación se manipularon los microorganismos de montaña para analizar su efecto sobre los parámetros fisicoquímicos presentes en los efluentes de la pollería La Canga - Tarapoto.

## **3.3. Formulación de hipótesis**

### **Hipótesis nula**

**Ho:** Los MM, EM y NaOH no presentan diferencia en la eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en los efluentes de la Pollería La Canga - Tarapoto - San Martín.

### **Hipótesis alterna**

**Ha:** Los MM, EM y NaOH, presentan diferencia en la eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en los efluentes de la Pollería La Canga - Tarapoto - San Martín.

### **3.4. Identificación de variables**

#### **Variable independiente**

Concentración de microorganismos de montaña, microorganismos eficientes e hidróxido de Sodio.

#### **Variable dependiente**

Variables Fisicoquímicos: aceites y grasas, DBO, DQO, SST, pH, Color.

### 3.5. Operacionalización de variables

*Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente*

| Variable independiente     | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones                                  | Indicadores  | Escala  |
|----------------------------|---|---|--|--|---------|
| Microorganismos de montaña | Son microorganismos que están presentes en la naturaleza, y que por sus usos beneficiosos han sido extraídos de su medio natural donde no ha sido contaminado por las actividades del hombre. | Es el consorcio de un gran grupo de microorganismos que poseen la capacidad de metabolizar y descomponer sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica muy complejas en sustancias más simples y de fácil asimilación. | Disminución de materia orgánica e inorgánica | Medición de los parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color) |         |
| Microorganismos eficientes | Son microorganismos que están presentes en la naturaleza, y que por sus usos beneficiosos han sido extraídos de su medio natural donde no ha sido contaminado por las actividades del hombre. | Es el consorcio de un gran grupo de microorganismos que poseen la capacidad de metabolizar y descomponer sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica muy complejas en sustancias más simples y de fácil asimilación. | Disminución de materia orgánica e inorgánica | Medición de los parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color) | Ordinal |
| Hidróxido de sodio         | Es una sustancia química que presenta un pH básico  | La concentración de NaOH se medirá con métodos volumétricos   | Desdoblamiento de materia orgánica           | Medición de los parámetros fisicoquímicos (DBO, DQO, SST, pH, Color) |         |

**Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente**

| Variable   | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensiones  | Indicadores   | Escala  |
|--|---|---|--|---|---------|
| Dependiente:<br><br>Contaminantes físico químicos: | Dadas las propiedades físico-químicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podemos encontrarlos en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades. | Los parámetros químicos y físicos del agua están determinadas por la presencia de los minerales y compuestos presentes, disueltos o en suspensión. La calidad del agua se puede determinar por análisis cuantitativos en el laboratorio, tales como pH, sólidos totales (ST), la conductividad y otros elementos químicos disueltos | Medición de Aceites y grasas, DBO, DQO, SST, pH, Color | Disminución de los parámetros: Aceites y grasas, DBO, DQO, SST, pH, Color | Nominal |



### **3.6. Instrumentos de recolección de datos**

#### **– GPS**

El GPS es un instrumento que sirvió para determinar las coordenadas del área de estudio. Se utilizó un GPS marca Garmin, modelo ETREX 10. Antes de su uso fue calibrado.

#### **– Multiparámetro**

Se utilizó un multiparámetro para la medición del pH y temperatura.

#### **– Jarras graduadas**

Las jarras graduadas se utilizaron para medir volúmenes de agua, sirvió para determinar el flujo volumétrico de cada manantial.

### **3.7. Plan de procesamiento de datos**

Los procedimientos estadísticos que se utilizaron para el procesamiento de datos son: Medidas de resumen (frecuencias absolutas y relativas), gráficos de barras, gráficos de sectores.

Asimismo, para el procesamiento de los datos se utilizó el software SPSS 24, la aplicación Excel y el ArcGis para la ubicación de la zona de estudio. Por otro lado, el diseño estadístico fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 03 tratamientos (dosis), repeticiones por tratamiento. Se realizará un análisis de varianza al 95% de confianza, para determinar el mejor tratamiento.

### **3.8. Metodología de la investigación**

El presente proyecto de investigación se dividió en cuatro etapas, las cuales se detallan a continuación:

### **3.8.1. Etapa 01 - Gabinete inicial**

- ✓ En esta etapa, se procedió a la recopilación de información de bibliografía (textos, revistas, artículos, etc.).
- ✓ Obtenida la información, se procedió a ordenarla, tomando en cuenta investigaciones similares, manuales, técnicas, métodos y procedimientos necesarios para la ejecución de la investigación.
- ✓ Obtención de equipos de protección personal (botas, traje para agua, guantes, mascarilla etc.) y otros materiales (envases de muestreos, plumón indeleble, GPS, hoja de registro de campo, entre otros).
- ✓ Se ubicó la zona de la toma de muestra y punto de monitoreo mediante el uso de Google Earth.

### **3.8.2. Etapa 02 - Campo**

- **Premonitorio**
  - ✓ Se programó el monitoreo y el tipo de muestra que fue tomada además de ubicar el punto de muestreo
  - ✓ Se tuvo en cuenta la seguridad en campo durante el proceso de muestreo a través de los equipos de protección personal.
- **Monitoreo**
  - ✓ Se hizo el reconocimiento del entorno (Pollería La Canga)
  - ✓ Posteriormente, se identificó la zona de muestreo (Distrito de Tarapoto-Pollería La Canga), se procedió a registrar el punto de muestreo mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), las coordenadas del punto de

monitoreo se anotaron en coordenadas UTM y en sistema geográfico ambos en estándar geodésico WGS84.

- ✓ Para el procedimiento de recolección de muestra de agua (efluente de la pollería La Canga) se tomó en cuenta en base al protocolo nacional para el monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales -Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.
- ✓ Se procedió a recolectar las muestras, cada muestra con una cantidad total de 20L, etiquetando, rotulado en cada recipiente la hora, día, fecha y ubicación.
- **Toma de muestras**
  - ✓ Se realizó la toma de muestras de agua residuales (efluente de pollería la Canga). Se recolectaron 9 muestras (3 repeticiones para cada tratamiento incluyendo para la muestra patrón), cada muestra fue de 20 litros de agua. Se consideró recipientes estériles, tomando en cuenta las barreras de protección para muestreo de campo (guantes estériles, cofia, buco nasal, mandil y botas) para evitar el riesgo de contaminarse o contaminar la muestra. Las muestras tomadas se mantuvieron en cadena de frío a una temperatura promedio de 4 a 8°C, en un cooler por un lapso de tiempo máximo de 4 horas, hasta que fueron transportados y procesados en el laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima y el laboratorio Acreditado -INACAL.
  - ✓ Los parámetros de pH, temperatura, conductibilidad y DBO, se tomaron los datos in situ. Algunos parámetros requirieron el uso de reactivos, el reactivo de preservación que se agregó después de la toma de la muestra de agua.

- ✓ Tomada la muestra se hizo el llenado de la cadena de custodia, traslado de la muestra y transportar las muestras hasta el laboratorio, adjuntando el formato de cadena de custodia.
- ✓ Se tomaron en cuenta los tiempos desde el inicio del muestreo hasta la llegada al laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima, con la finalidad de cumplir con el tiempo requerido de acuerdo a los Requisitos para Toma de Muestra y Preservación.
- ✓ Finalizadas las actividades de toma de muestra, los equipos se mantuvieron en óptimo estado de limpieza y en correcto funcionamiento. Se contó con un registro de mantenimiento de cada instrumento utilizado, a fin de llevar el control del equipo, reemplazo de baterías y cualquier problema de lectura o calibración.

### **3.8.3. Etapa 03 – Laboratorio**

- ✓ Los análisis fisicoquímicos de las muestras fueron realizados por un laboratorio acreditado por INACAL
- ✓ Se verificó los materiales e instrumentos a utilizar para la determinación de los parámetros fisicoquímicos con el fin de obtener datos verídicos.
- ✓ Con los valores obtenidos, se procedió a su sistematización, mediante la utilización de organizadores visuales, como tablas, cuadros, gráficos, entre otros, los cuales favorezcan al proceso de determinación en la posterior etapa de gabinete final.
- ✓ Las muestras tomadas fueron analizadas y procesadas en el laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Se consideró también el envío de las

muestras de agua antes y después de los tratamientos a un Laboratorio particular acreditado- INACAL, para los análisis fisicoquímicos requeridos.

a. Activación de los microorganismos de montaña

Los Microorganismos de Montaña (Tratamiento N°01) fueron activados de la siguiente manera: En un recipiente con 20 litros de agua destilada se añadió 500 ml de melaza de caña más 1 litro de solución de microorganismo de montaña. Se procedió a la mezcla de manera homogénea y se dejó reposar debidamente tapado a anaerobiosis por un tiempo de 6 días, para favorecer el desarrollo del consorcio microbiano. Pasado los 6 días y provocado la viabilidad de los microorganismos se procedió a ser utilizados para confrontarlos contra los efluentes.

b. Activación de Microorganismos eficientes

Los Microorganismos Eficientes (Tratamiento N°02) fueron activados de la siguiente manera: En un recipiente con 20 litros de agua destilada se añadió 500 ml de melaza de caña más 1 litro de solución de microorganismo eficientes. Se procedió a la mezcla de manera homogénea y se dejó reposar debidamente tapado a anaerobiosis por un tiempo de 6 días, para favorecer el desarrollo del consorcio microbiano. Pasado los 6 días y provocado la viabilidad de los microorganismos se procedió a ser utilizados para confrontarlos contra los efluentes.

c. Adecuación de producto químico- antigrasas-NaOH

La soda caustica (Tratamiento N°03) se hizo la dilución utilizando agua destilada, para obtener una proporción del 20%. Luego se procedió a ser utilizado para confrontarlo contra los efluentes.

d. Confrontación – Acción degradativa

Para Microorganismo de Montaña:

- ✓ Se tomó la cantidad específica de 300 ml de Microorganismos de Montaña (Collantes y Díaz, 2019), y se vertió sobre el recipiente donde contiene 20 litros de los efluentes.
- ✓ Se procedió a realizar el mezclado lento entre el efluente y las cepas de microorganismo de montaña vertido.
- ✓ Se dejó reposar por un lapso de 3 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 3 días se tomó las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.
- ✓ Luego se siguió dejando en reposo por un tiempo de 7 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 7 días se tomaron las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.
- ✓ Se obtuvo la variación de turbidez, color y pH.
- ✓ Cabe mencionar que dicha confrontación se realizó con 3 repeticiones respectivamente.

Para Microorganismo Eficientes:

- ✓ Se tomaron 300 ml de Microorganismos Eficientes (Collantes y Díaz, 2019), y se vertió sobre el recipiente donde contiene 20 litros de los efluentes.
- ✓ Se procedió a realizar el mezclado lento entre el efluente y las cepas de microorganismo Eficientes vertido.
- ✓ Se dejó reposar por un lapso de 3 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 3 días se

tomaron las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.

- ✓ Luego se siguió dejando en reposo por un tiempo de 7 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 7 días se tomaron las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.
- ✓ Se obtuvo la variación de turbidez, color y pH.
- ✓ Cabe mencionar que dicha confrontación se realizó con 3 repeticiones respectivamente.

Para la Sustancia Química: NaOH

- ✓ Se tomaron 300 ml de la solución de soda caustica a una concentración del 20%, y se vertió sobre el recipiente donde contiene 20 litros de los efluentes.
- ✓ Se procedió a realizar el mezclado lento entre el efluente y la solución de soda caustica vertida.
- ✓ Se dejó reposar por un lapso de 3 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 3 días se tomaron las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.
- ✓ Luego se siguió dejando en reposo por un tiempo de 7 días a temperatura ambiente en los ambientes del laboratorio Diagnóstico Clínico Santa Rosa de Lima. Pasado los 7 días se tomaron las muestras respectivas y fueron enviadas al laboratorio acreditado en la ciudad de Lima.
- ✓ Se obtuvo la variación de turbidez, color y pH.
- ✓ Cabe mencionar que dicha confrontación se realizó con 3 repeticiones respectivamente.

#### **3.8.4. Etapa 04 – Gabinete Final**

Las actividades que se desarrollaran para la presente etapa se describen a continuación:

##### **a. Ordenamiento e interpretación de datos**

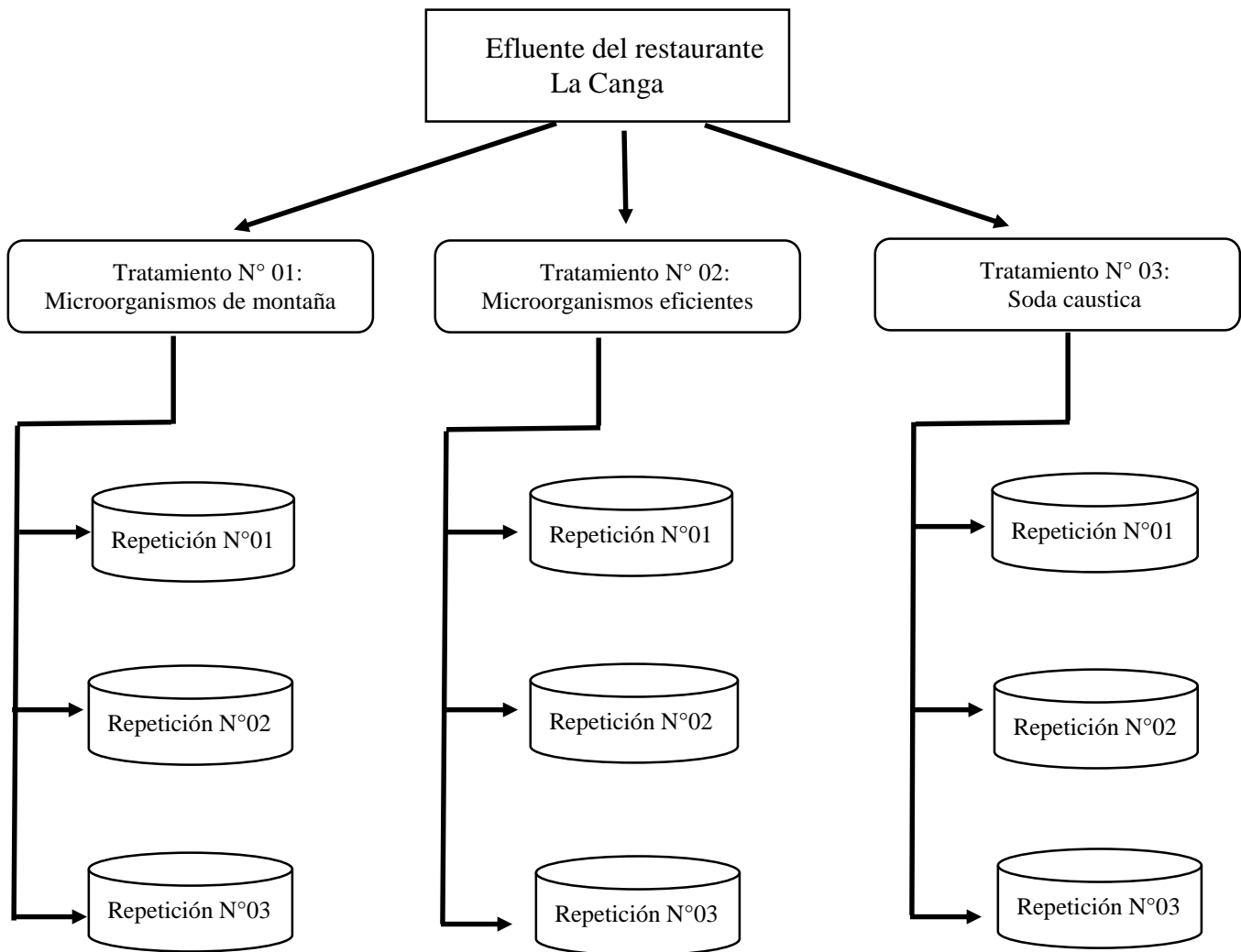
- ✓ Una vez obtenidos los datos de los exámenes del laboratorio fueron procesados estadísticamente e interpretados de acuerdo con los resultados obtenidos.
- ✓ En base a los datos de trabajos anteriores se procedió a realizar los análisis estadísticos en diseños multivariados proyectándonos a utilizar un análisis e Clúster, así como de Componente Principal y a esto incluir una estadística descriptiva de los principales parámetros.
- ✓ Los resultados obtenidos del análisis del laboratorio fueron procesados y analizados mediante tablas y gráficos.
- ✓ Se procedió a elaborar el informe final y a su entrega respectiva, en cumplimiento con lo establecido del procedimiento para la obtención del grado académico en la Universidad Peruana Unión.



**Tabla 3. Tratamientos para los efluentes**

| Muestra                          | Tratamientos                  |                               |                 | Total |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------|
|                                  | T1(Microorganismo de montaña) | T2(Microorganismo eficientes) | T3(NaOH)        |       |
| Efluente de Restaurante La Canga | R1: Tercer día                | R1: Tercer día                | R1: Tercer día  | 9     |
|                                  | R2: Tercer día                | R2: Tercer día                | R2: Tercer día  |       |
|                                  | R3: Tercer día                | R3: Tercer día                | R3: Tercer día  |       |
|                                  | R1: Séptimo día               | R1: Séptimo día               | R1: Séptimo día | 9     |
|                                  | R2: Séptimo día               | R2: Séptimo día               | R2: Séptimo día |       |
|                                  | R3: Séptimo día               | R3: Séptimo día               | R3: Séptimo día |       |
| Total                            | 6                             | 6                             | 6               | 18    |

Fuente: Elaboración propia



Las muestras antes de aplicar los tratamientos fueron analizadas por un laboratorio acreditado por INACAL.  
 Se realizó un muestro y análisis al tercer día y séptimo día del tratamiento.

Figura 3. Procedimientos de los tratamientos sobre los efluentes

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 4

### Resultados y Discusiones

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Calidad del efluente de la pollería la Canga

En la tabla 4 se muestra la calidad del efluente de la pollería la Canga antes de la aplicación de los tratamientos. Se determinó la concentración de contaminantes fisicoquímicos, aceites y grasas, DBO, DQO, SST, pH, Color del efluente de la pollería la Canga. Se observa que los parámetros pH y temperatura, cumplen los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA; mientras que los parámetros aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales, no cumplen los VMA del mencionado decreto.

*Tabla 4. Calidad del efluente de la pollería La Canga*

| Parámetro                     | Unidad       | Resultados | VMA  |
|-------------------------------|--------------|------------|------|
| Aceites y grasas              | mg/L         | 250        | 100  |
| Color                         | UCV          | 70         | -    |
| Conductividad                 | μS/cm        | 3 100.00   | -    |
| Demanda bioquímica de oxígeno | mg/L         | 6 975.0    | 500  |
| Demanda química de oxígeno    | mg/L         | 11 642     | 1000 |
| pH                            | Unidad de pH | 8.1        | 6-9  |
| Sólidos suspendidos totales   | mg/L         | 26240      | 500  |
| Temperatura                   | °C           | 20.4       | <35  |
| Turbidez                      | NTU          | 300        | -    |

##### 4.1.2. Eficiencia de remoción de contaminantes a los tres días

En la tabla 5 se muestra la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos, aceites y grasas, DBO, DQO, SST, color, CE y turbidez del efluente de la pollería la Canga; utilizando como tratamientos el NaOH al 20%, Microorganismos Eficientes

y Microorganismos de Montaña; para un tiempo de 3 días. Se observa mayor eficiencia de remoción para los parámetros AyG, DBO y DQO con el tratamiento MM, seguido de EM y NaOH al 20%. Mientras que para los parámetros SST, color, CE y turbidez, se obtuvo mayor eficiencia de remoción con el tratamiento NaOH al 20%, seguido de MM y EM.

*Tabla 5. Eficiencia de remoción (%) del efluente de la pollería La Canga a los 3 días*

| Tratamiento | Repetición | AyG  | DBO  | DQO  | SST  | Color | CE   | Turbidez |
|-------------|------------|------|------|------|------|-------|------|----------|
| <b>NaOH</b> | R1         | 52.0 | 11.6 | 11.5 | 77.5 | 57.1  | 54.8 | 52.7     |
|             | R2         | 50.0 | 11.5 | 12.2 | 77.5 | 55.7  | 54.0 | 54.0     |
|             | R3         | 51.2 | 12.0 | 11.6 | 77.5 | 57.1  | 54.5 | 51.7     |
|             | $\bar{x}$  | 51.1 | 11.7 | 11.8 | 77.5 | 56.7  | 54.5 | 52.8     |
|             | s          | 1.0  | 0.2  | 0.4  | 0.0  | 0.8   | 0.4  | 1.2      |
| <b>EM</b>   | R1         | 66.0 | 25.0 | 23.4 | 42.9 | 40.0  | 41.1 | 37.0     |
|             | R2         | 64.8 | 23.9 | 23.5 | 42.8 | 37.1  | 38.0 | 36.0     |
|             | R3         | 64.0 | 22.8 | 23.0 | 42.6 | 41.4  | 35.5 | 35.0     |
|             | $\bar{x}$  | 64.9 | 23.9 | 23.3 | 42.8 | 39.5  | 38.2 | 36.0     |
|             | s          | 1.0  | 1.1  | 0.3  | 0.1  | 2.2   | 2.8  | 1.0      |
| <b>MM</b>   | R1         | 68.4 | 28.4 | 26.1 | 46.7 | 42.9  | 44.4 | 43.3     |
|             | R2         | 67.2 | 26.7 | 26.2 | 46.2 | 41.4  | 42.4 | 42.0     |
|             | R3         | 66.0 | 25.8 | 25.9 | 45.4 | 41.4  | 43.1 | 41.0     |
|             | $\bar{x}$  | 67.2 | 27.0 | 26.1 | 46.1 | 41.9  | 43.3 | 42.1     |
|             | s          | 1.2  | 1.3  | 0.2  | 0.6  | 0.8   | 1.0  | 1.2      |

Es así que se obtiene una eficiencia de remoción significativa de todos los parámetros en los primeros 3 días, aplicando los tres tratamientos tal como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de eficiencia de remoción entre los 3 tratamientos a los 3 días

| PARAMETROS              | TRATAMIENTOS |                            |          |                            |          |                            | SIN TRATAMIENTO |
|-------------------------|--------------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|-----------------|
|                         | NaOH         |                            | EM       |                            | MM       |                            |                 |
|                         | Promedio     | Eficiencia de remoción (%) | Promedio | Eficiencia de remoción (%) | Promedio | Eficiencia de remoción (%) |                 |
| Aceites y Grasas (mg/L) | 122.33       | 51.1                       | 87.67    | 64.9                       | 82.00    | 67.2                       | 250             |
| DBO (mg BOD5/L)         | 6158.3       | 11.7                       | 5307.7   | 23.9                       | 5093.3   | 27.0                       | 6 975.0         |
| DQO (COD as mg O2/L)    | 10272.0      | 11.8                       | 8933.0   | 23.3                       | 8608.0   | 26.1                       | 11 642          |
| SST (mg/L)              | 5901.3       | 77.5                       | 15015.0  | 42.8                       | 14144.7  | 46.1                       | 26240           |
| Color (UC)              | 30.3         | 56.7                       | 42.3     | 39.5                       | 40.7     | 41.9                       | 70              |
| CE ( $\mu$ S/cm)        | 1411.7       | 54.5                       | 1915.0   | 38.2                       | 1757.7   | 43.3                       | 3 100.00        |
| Turbidez (NTU)          | 141.7        | 52.8                       | 192.0    | 36.0                       | 176.7    | 42.1                       | 300             |

En la figura 4, se puede apreciar el mayor porcentaje de eficiencia de remoción por parte del tratamiento con MM, seguido del tratamiento con EM, para los parámetros de aceites y grasas, DBO. En tanto el tratamiento a base de NaOH al 20%, logro un mayor porcentaje de eficiencia de remoción en los parámetros de SST, Color, CE y Turbidez. Se determinó que el tratamiento con Soda caustica al 20% no logro cumplir los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición.

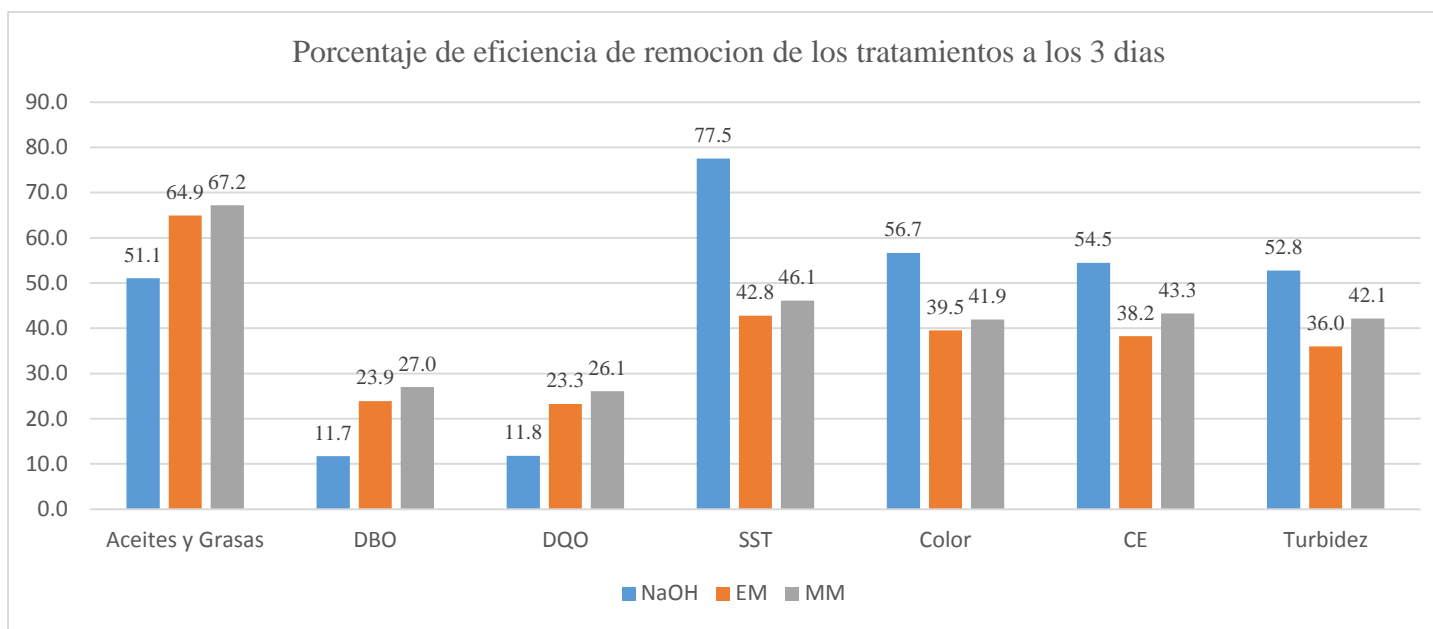


Figura 4. Porcentaje de eficiencia de remoción de los tratamientos a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3. Eficiencia de remoción de contaminantes a los siete días

En la tabla 7 se muestra la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos, aceites y grasas, DBO, DQO, SST, color, CE y turbidez del efluente de la pollería la Canga; utilizando los tratamientos de NaOH al 20%, Microorganismos eficientes y Microorganismos de montaña; para un tiempo de 7 días. Para todos los parámetros, se observa mayor eficiencia de remoción con el tratamiento MM, seguido de EM y NaOH al 20%.

Tabla 7. Eficiencia de remoción (%) del efluente de la pollería La Canga a los 7 días

| Tratamiento | Repetición | AyG  | DBO  | DQO  | SST  | Color | CE   | Turbidez |
|-------------|------------|------|------|------|------|-------|------|----------|
| NaOH        | R1         | 62.8 | 13.7 | 14.3 | 85.6 | 75.7  | 63.9 | 68.7     |
|             | R2         | 61.6 | 12.8 | 14.3 | 85.5 | 78.6  | 66.1 | 67.7     |
|             | R3         | 63.2 | 13.8 | 13.8 | 85.4 | 74.3  | 66.2 | 66.3     |
|             | $\bar{x}$  | 62.5 | 13.4 | 14.1 | 85.5 | 76.2  | 65.4 | 67.6     |
|             | s          | 0.8  | 0.5  | 0.3  | 0.1  | 2.2   | 1.3  | 1.2      |
| EM          | R1         | 99.8 | 55.5 | 56.0 | 91.6 | 85.7  | 72.4 | 86.7     |
|             | R2         | 99.8 | 55.6 | 55.4 | 91.8 | 84.3  | 72.0 | 86.0     |
|             | R3         | 99.8 | 55.1 | 55.2 | 91.4 | 80.0  | 71.9 | 85.3     |
|             | $\bar{x}$  | 99.8 | 55.4 | 55.5 | 91.6 | 83.3  | 72.1 | 86.0     |
|             | s          | 0.0  | 0.3  | 0.4  | 0.2  | 3.0   | 0.3  | 0.7      |
| MM          | R1         | 99.8 | 55.4 | 56.5 | 92.3 | 85.7  | 73.9 | 90.3     |
|             | R2         | 99.8 | 56.7 | 56.1 | 91.9 | 84.3  | 73.8 | 89.3     |
|             | R3         | 99.8 | 53.8 | 56.0 | 91.9 | 84.3  | 73.7 | 89.7     |
|             | $\bar{x}$  | 99.8 | 55.3 | 56.2 | 92.1 | 84.8  | 73.8 | 89.8     |
|             | s          | 0.0  | 1.4  | 0.2  | 0.2  | 0.8   | 0.1  | 0.5      |

Es así que se obtiene un promedio de la eficiencia de remoción muy significativa de todos los parámetros a los 7 días, tal como se aprecia en la tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje de eficiencia de remoción entre los 3 tratamientos a los 7 días

| PARAMETROS              | TRATAMIENTOS |                            |          |                            |                 |                            |          |
|-------------------------|--------------|----------------------------|----------|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------|
|                         | NaOH         | EM                         |          | MM                         | SIN TRATAMIENTO |                            |          |
|                         | Promedio     | Eficiencia de remoción (%) | Promedio | Eficiencia de remoción (%) | Promedio        | Eficiencia de remoción (%) | Promedio |
| Aceites y Grasas (mg/L) | 93.67        | 62.53                      | <0.48    | 99.81                      | <0.48           | 99.81                      | 250      |
| DBO (mg BOD5/L)         | 6038.33      | 13.4                       | 3110.5   | 55.4                       | 3118            | 55.3                       | 6 975.0  |
| DQO (COD as mg O2/L)    | 9996.33      | 14.1                       | 5177     | 55.5                       | 5100            | 56.2                       | 11 642   |
| SST (mg/L)              | 3797.67      | 85.53                      | 2204.3   | 91.60                      | 2081            | 92.07                      | 26240    |
| Color (UC)              | 16.67        | 76.19                      | 11.67    | 83.33                      | 10.67           | 84.76                      | 70       |
| CE (µS/cm)              | 1073.67      | 65.37                      | 865.67   | 72.08                      | 812.33          | 73.80                      | 3 100.00 |
| Turbidez (NTU)          | 97.33        | 67.56                      | 42.00    | 86.00                      | 30.67           | 89.78                      | 300      |

En la figura 5, se puede apreciar el mayor porcentaje de eficiencia de remoción por parte del tratamiento con MM, para todos los parámetros, seguido de los EM y el NaOH al 20%. Incluso tanto el tratamiento con MM y EM, lograron una eficiencia de remoción de hasta un 99.81% de los aceites y grasas presentes en los efluentes de la pollería La Canga.



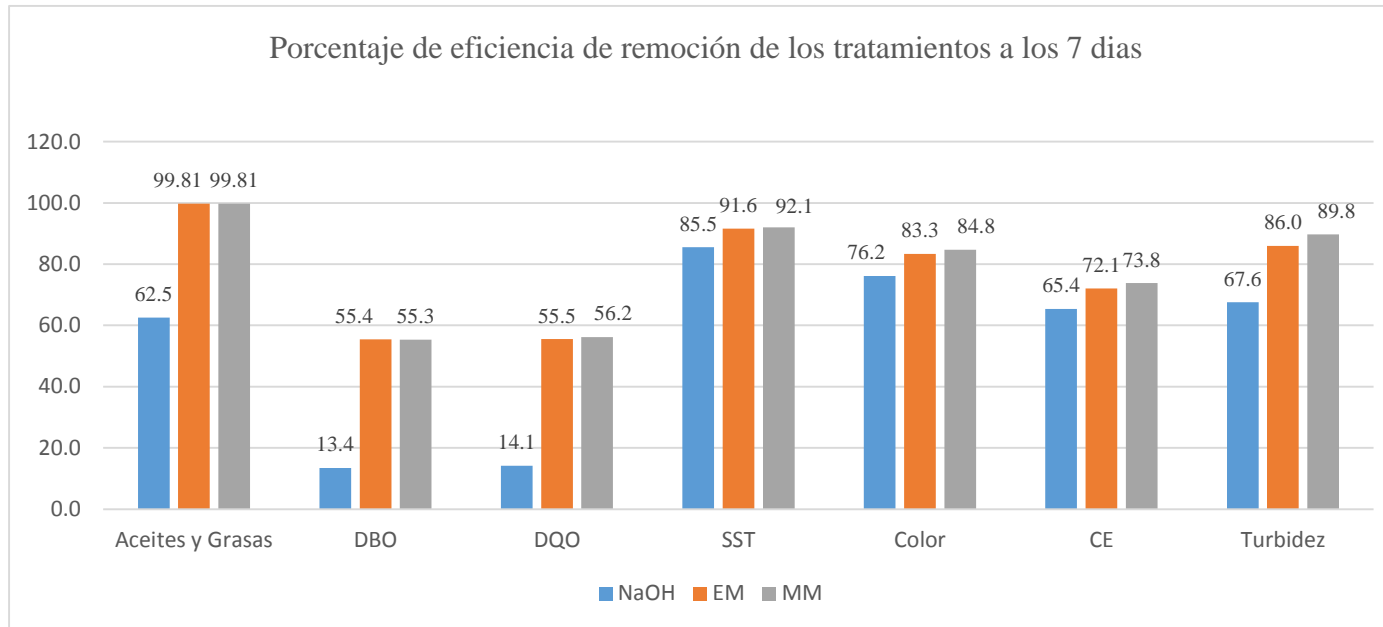


Figura 5. Porcentaje de eficiencia de remoción de los tratamientos a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Análisis de varianza para la eficiencia de remoción, a los tres días

Primero se realizó la prueba de normalidad y la homogeneidad de varianzas, las variables cumplen estos supuestos. Luego, se realizó el análisis de varianza para cada parámetro.

##### - Aceites y grasas

En la tabla 9 se muestra el análisis de varianza para la remoción de AyG, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 9. Análisis de varianza para AyG a los tres días

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F      | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Entre tratamientos         | 457.71 | 2  | 228.85 | 198.05 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 6.93   | 6  | 1.16   |        |         |
| Total                      | 464.64 | 8  |        |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para AyG a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de AyG del agua residual de la Pollería La Canga, por parte en el segundo grupo conformado por MM y EM. En la figura 6, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 67.2% sobre el parámetro de Aceites y grasas, seguido de los EM con un 64.9% y el NaOH al 20%, con 51.1%. Solo el tratamiento con EM y MM, lograron remover el parámetro de AyG y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición.

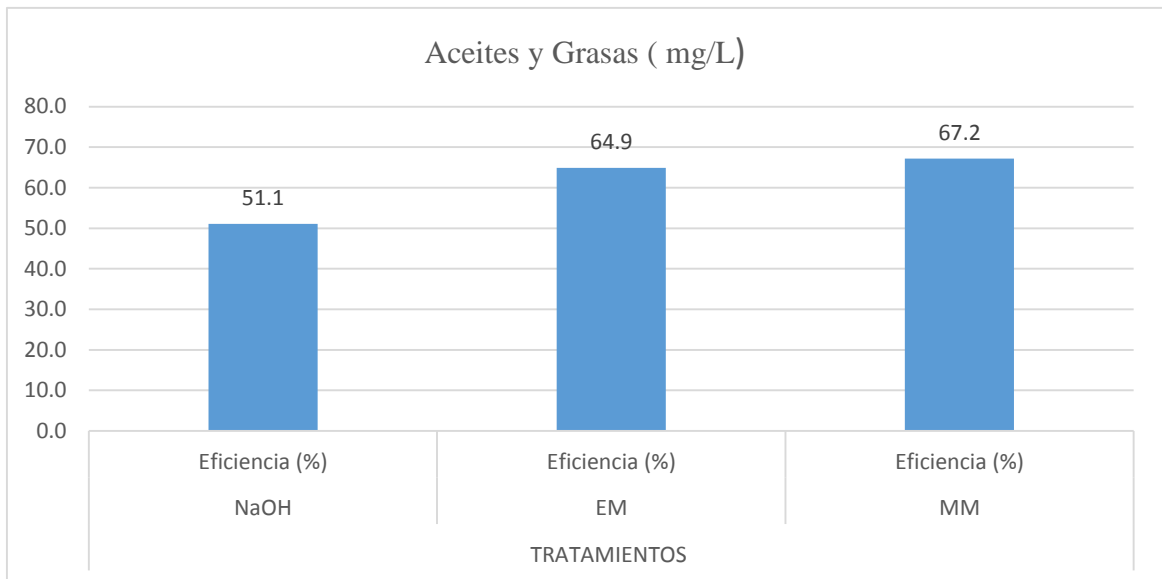


Figura 6. Porcentaje de eficiencia de remoción de AyG a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

#### - **DBO**

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza para la remoción de DBO, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 10. Análisis de varianza para DBO a los tres días

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F      | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Entre tratamientos         | 391.32 | 2  | 195.66 | 194.15 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 6.05   | 6  | 1.01   |        |         |
| Total                      | 397.36 | 8  |        |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para DBO a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de DBO del agua residual de la Pollería La Canga, en el tercer grupo conformado por los MM. En la figura 7, se aprecia que el tratamiento a base de MM,

presenta una eficiencia de remoción de 27 % sobre el parámetro de DBO, seguido de los EM con un 23.9% y el NaOH al 20%, con 11.7%. Ninguno de los tratamientos logró remover el parámetro de DBO y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición

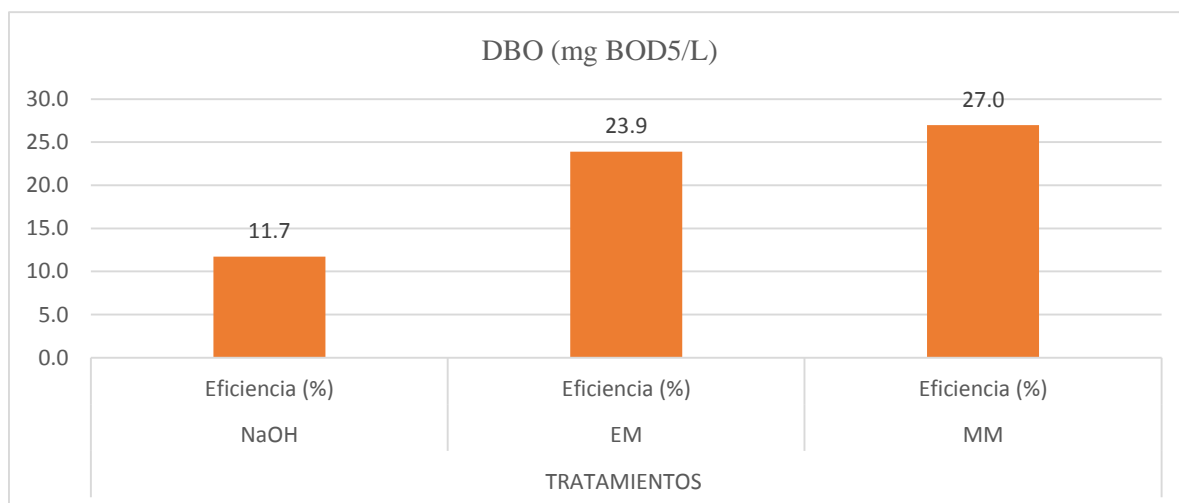


Figura 7. Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

### - DQO

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza para la remoción de DQO, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 11. Análisis de varianza para DQO a los tres días

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F       | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|---------|---------|
| Entre tratamientos         | 345.16 | 2  | 172.58 | 2187.65 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 0.47   | 6  | 0.08   |         |         |
| Total                      | 345.64 | 8  |        |         |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para DQO a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de DQO del efluente de la Pollería La Canga, en el tercer grupo conformado por MM. En la figura 8, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 26.1 % sobre el parámetro de DQO, seguido de los EM con un 23.3% y el NaOH al 20%, con 11.8%. Ninguno de los tratamientos logró remover el parámetro de DQO y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición.

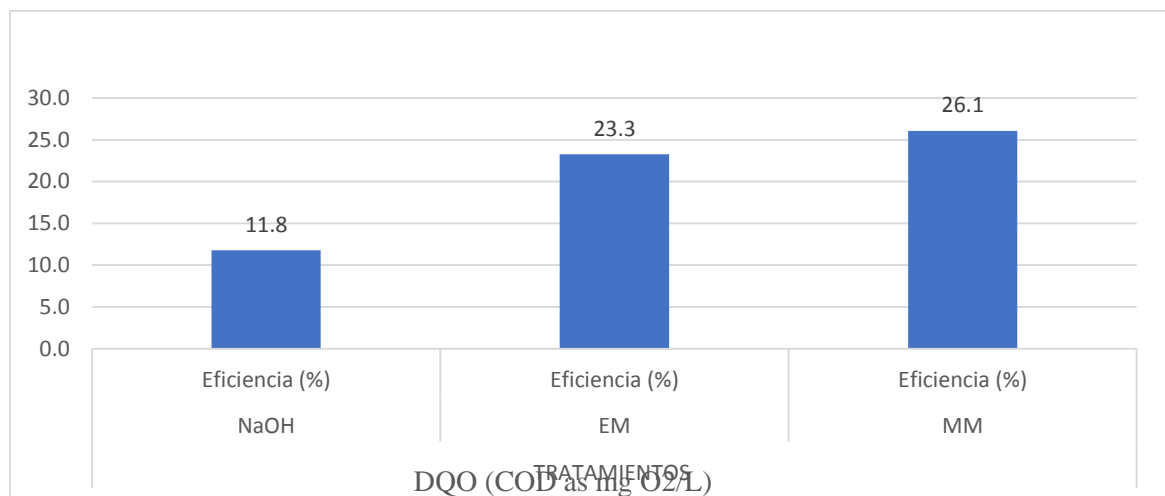


Figura 8. Porcentaje de eficiencia de remoción de DQO a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

#### - SST

En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza para la remoción de SST, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

*Tabla 12. Análisis de varianza para SST a los tres días*

| FV                         | SC      | GL | SCM     | F       | p-valor |
|----------------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Entre tratamientos         | 2203.48 | 2  | 1101.74 | 7290.91 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 0.91    | 6  | 0.15    |         |         |
| Total                      | 2204.38 | 8  |         |         |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para DQO a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de SST del agua residual de la Pollería La Canga, en el primer grupo conformado por NaOH al 20%, En la figura 9, se aprecia que el tratamiento a base de NaOH al 20%, presenta una eficiencia de remoción de 77.5 % sobre el parámetro de SST, seguido de los MM con un 46.1% y el EM con 42.8 %. Ninguno de los tratamientos logró remover el parámetro de SST y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición.

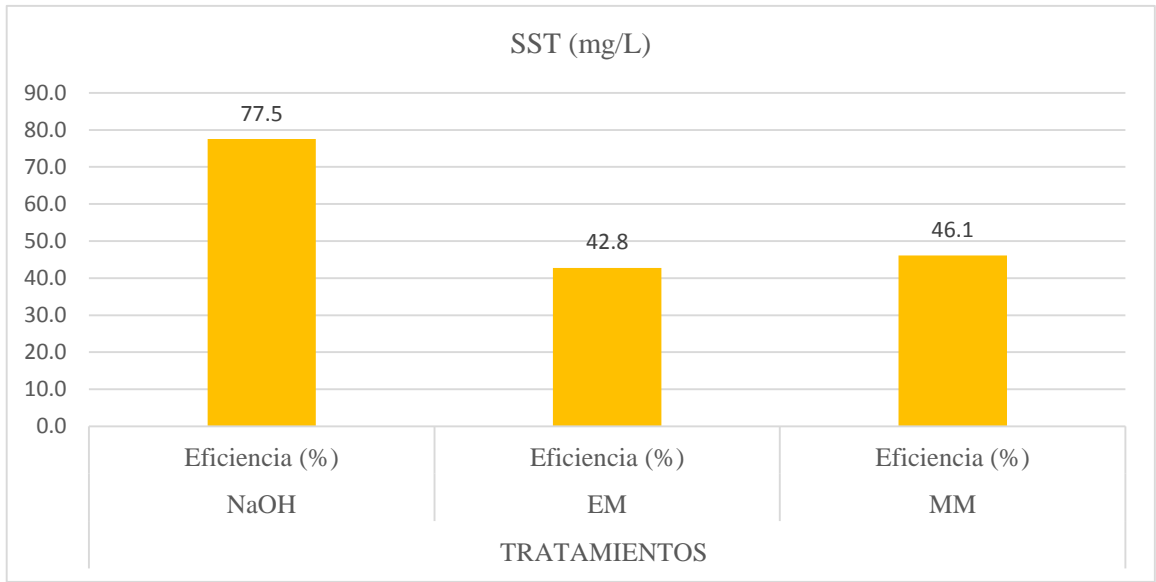


Figura 9. Porcentaje de eficiencia de remoción de SST a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

- **Color**

En la tabla 13 se muestra el análisis de varianza para la remoción de color, a los tres días.

Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 13. Análisis de varianza para Color a los tres días

| FV                            | SC     | GL | SCM    | F      | p-valor |
|-------------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Entre tratamientos            | 516.38 | 2  | 258.19 | 124.66 | 0.000   |
| Dentro de los<br>tratamientos | 12.43  | 6  | 2.07   |        |         |
| Total                         | 528.81 | 8  |        |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para Color a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento con NaOH y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de color del agua residual de la Pollería La Canga, en el primer grupo conformado por el NaOH al 20%. En la figura 10, se aprecia que el tratamiento a base de NaOH al 20%,

presenta una eficiencia de remoción de 56.7 % sobre el parámetro de Color, seguido de los MM con un 41.9% y el EM con 39.5 %. Ninguno de los tratamientos logró remover el parámetro de Color y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los primeros 3 días de exposición

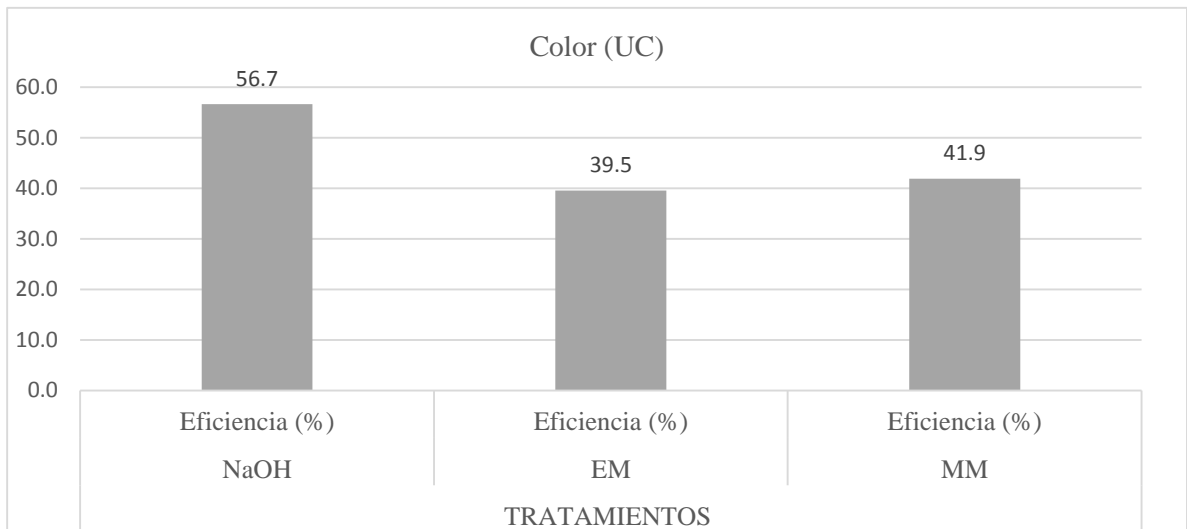


Figura 10. Porcentaje de eficiencia de remoción de Color a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

#### - CE

En la tabla 14 se muestra el análisis de varianza para la remoción de CE, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 14. Análisis de varianza para CE a los tres días

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F     | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Entre tratamientos         | 413.48 | 2  | 206.74 | 68.43 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 18.13  | 6  | 3.02   |       |         |
| Total                      | 431.61 | 8  |        |       |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para CE a los tres días). El primer grupo está formado por el



tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de CE del agua residual de la Pollería La Canga, en el primer grupo conformado por NaOH al 20%. En la figura 11, se aprecia que el tratamiento a base de NaOH al 20%, presenta una eficiencia de remoción de 54.5 % sobre el parámetro de CE, seguido de los MM con un 43.3% y el EM con 38.2 %.

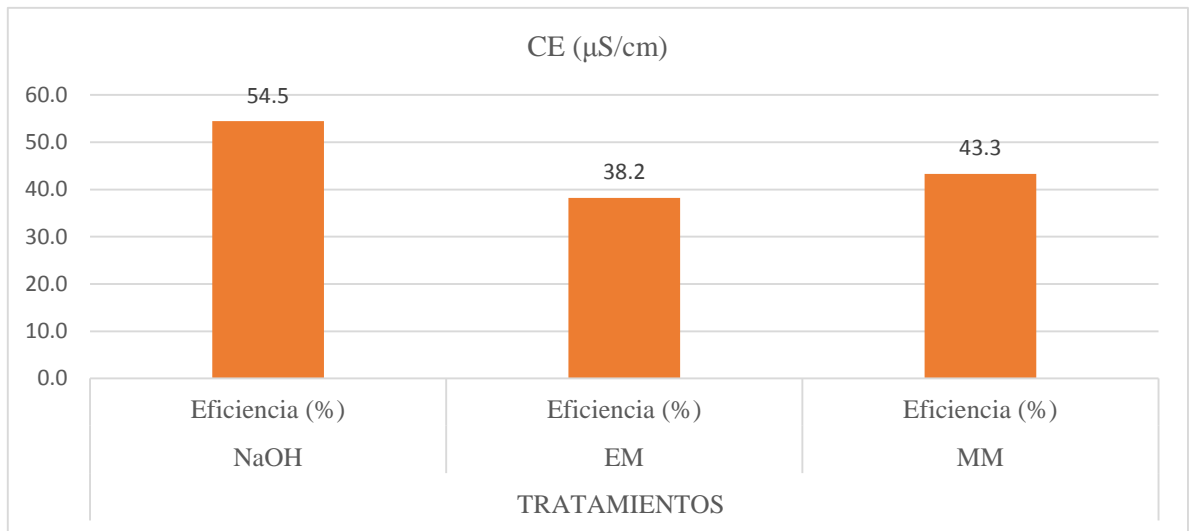


Figura 11. Porcentaje de eficiencia de remoción de CE a los 3 días

Fuente: Elaboración propia

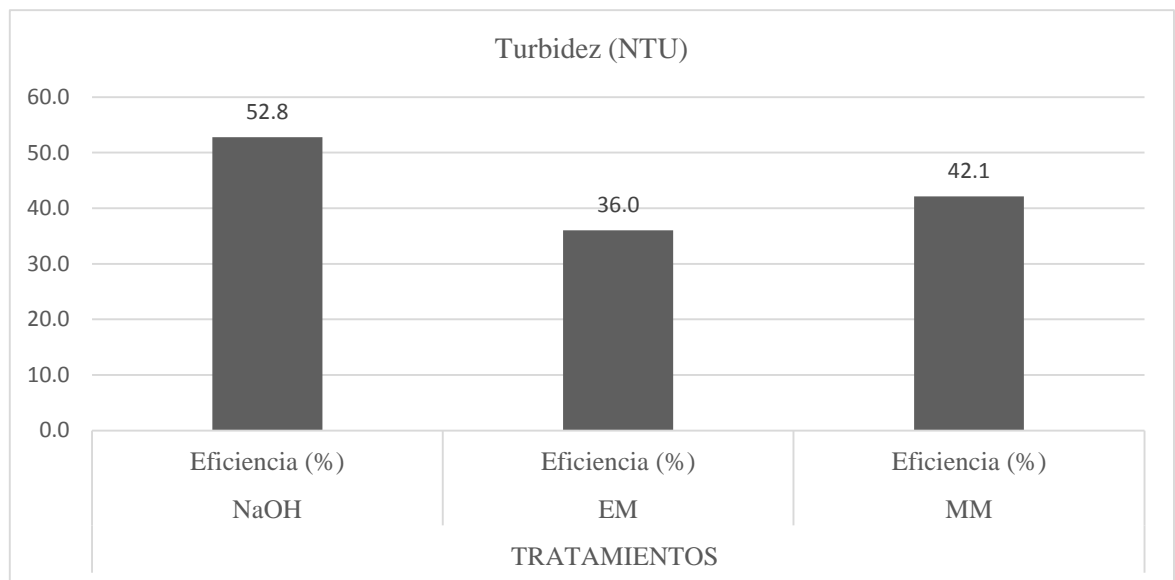
#### - Turbidez

En la tabla 15 se muestra el análisis de varianza para la remoción de turbidez, a los tres días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 15. Análisis de varianza para Turbidez a los tres días

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F      | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Entre tratamientos         | 433.94 | 2  | 216.97 | 177.84 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 7.32   | 6  | 1.22   |        |         |
| Total                      | 441.26 | 8  |        |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 1. (Prueba Tukey para Turbidez a los tres días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de turbidez del agua residual de la Pollería La Canga, en el primer grupo conformado por NaOH al 20%. En la figura 12, se aprecia que el tratamiento a base de NaOH al 20%, presenta una eficiencia de remoción de 52.8 % sobre el parámetro de Turbidez, seguido de los MM con un 42.1% y el EM con 36 %.



*Figura 12. Porcentaje de eficiencia de remoción de Turbidez a los 3 días*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Análisis de varianza para la eficiencia de remoción, a los siete días

Primero se realizó la prueba de normalidad y la homogeneidad de varianzas, las variables cumplen estos supuestos. Luego, se realizó el análisis de varianza para cada parámetro.

##### - Aceites y grasas

En la tabla 16 se muestra el análisis de varianza para la remoción de AyG, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

*Tabla 16. Análisis de varianza para AyG a los siete días*

| FV                         | SC      | GL | SCM     | F       | p-valor |
|----------------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Entre tratamientos         | 2777.61 | 2  | 1388.80 | 6009.25 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 1.39    | 6  | 0.23    |         |         |
| Total                      | 2779.00 | 8  |         |         |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para Ay G los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de AyG del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 13, se aprecia que el tratamiento a base de MM y EM, presenta una eficiencia de remoción de 99.81 % sobre el parámetro de Aceites y grasas, seguido del NaOH al 20%, con 62.53%. Siendo así que solo los tratamientos con MM y EM, lograron remover el parámetro de AyG y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los 7 días de exposición

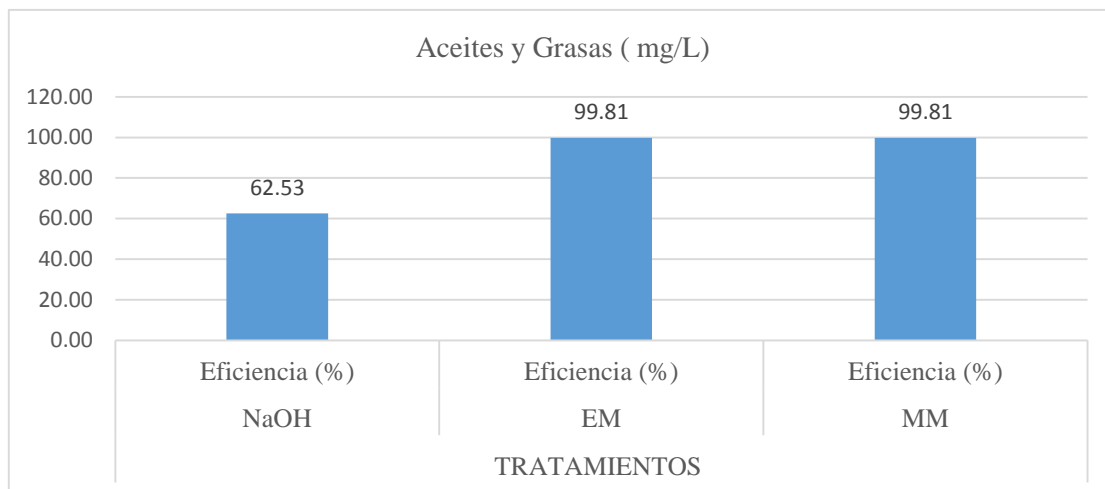


Figura 13. Porcentaje de eficiencia de remoción de AyG a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - DBO

En la tabla 17 se muestra el análisis de varianza para la remoción de DBO, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 17. Análisis de varianza para DBO a los siete días

| FV                         | SC      | GL | SCM     | F       | p-valor |
|----------------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Entre tratamientos         | 3514.03 | 2  | 1757.01 | 2122.57 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 4.97    | 6  | 0.83    |         |         |
| Total                      | 3519.00 | 8  |         |         |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para DBO los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de DBO del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 14, se aprecia que el tratamiento a base de EM, presenta una eficiencia de remoción de 55.4 % sobre el parámetro de DBO, seguido de los MM con un 53.3% y el NaOH al 20%, con 13.4 %. Siendo así que los 3 tratamientos no lograron

remover el parámetro de DBO y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los 7 días de exposición

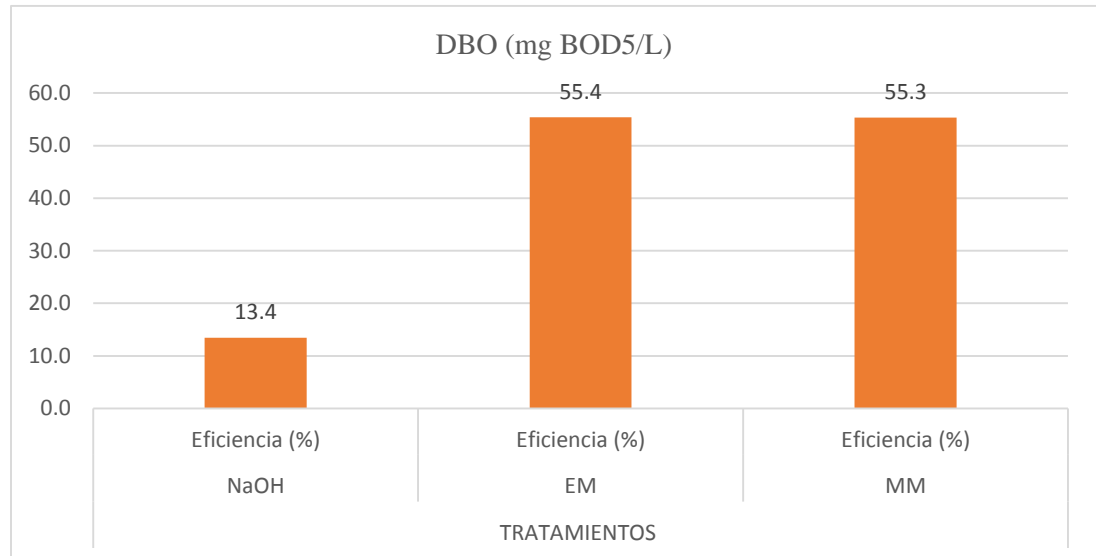


Figura 14. Porcentaje de eficiencia de remoción de DBO a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - DQO

En la tabla 18 se muestra el análisis de varianza para la remoción de DQO, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 18. Análisis de varianza para DQO a los siete días

| FV                         | SC      | GL | SCM     | F        | p-valor |
|----------------------------|---------|----|---------|----------|---------|
| Entre tratamientos         | 3484.01 | 2  | 1742.00 | 15998.00 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 0.65    | 6  | 0.11    |          |         |
| Total                      | 3484.66 | 8  |         |          |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para DQO los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor

eficiencia de remoción de DQO del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 15, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 56.2 % sobre el parámetro de DQO, seguido de los EM con un 55.5 % y el NaOH al 20%, con 14.1 %. Siendo así que los 3 tratamientos no lograron remover el parámetro de DQO y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los 7 días de exposición

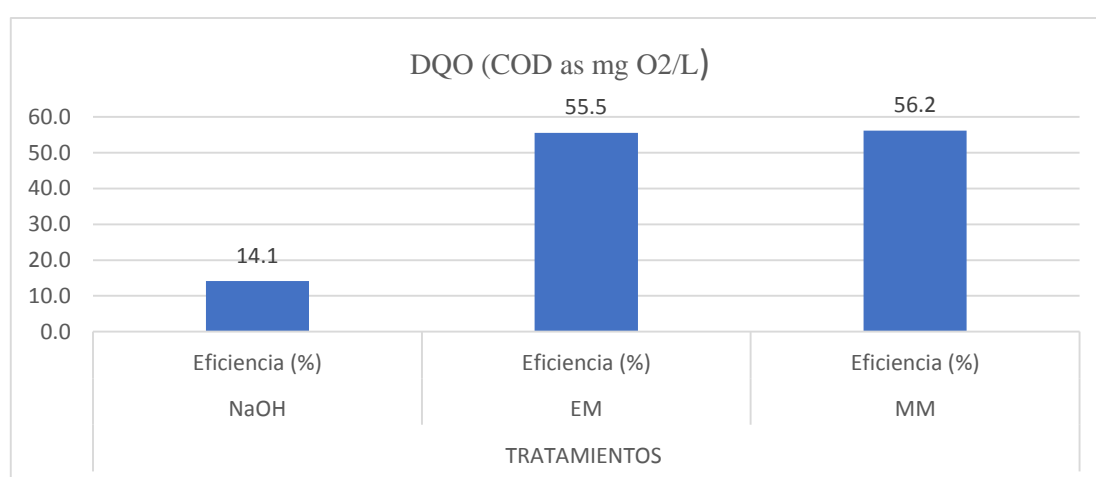


Figura 15. Porcentaje de eficiencia de remoción de DQO a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - SST

En la tabla 19 se muestra el análisis de varianza para la remoción de SST, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 19. Análisis de varianza para SST a los siete días

| FV                         | SC    | GL | SCM   | F       | p-valor |
|----------------------------|-------|----|-------|---------|---------|
| Entre tratamientos         | 80.08 | 2  | 40.04 | 1162.48 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 0.21  | 6  | 0.03  |         |         |
| Total                      | 80.29 | 8  |       |         |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para SST los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de SST del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 16, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 92.07 % sobre el parámetro de SST, seguido de los EM con un 91.6 % y el NaOH al 20%, con 85.53 %. Siendo así que los 3 tratamientos no lograron remover el parámetro de SST y estar dentro de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA durante los 7 días de exposición

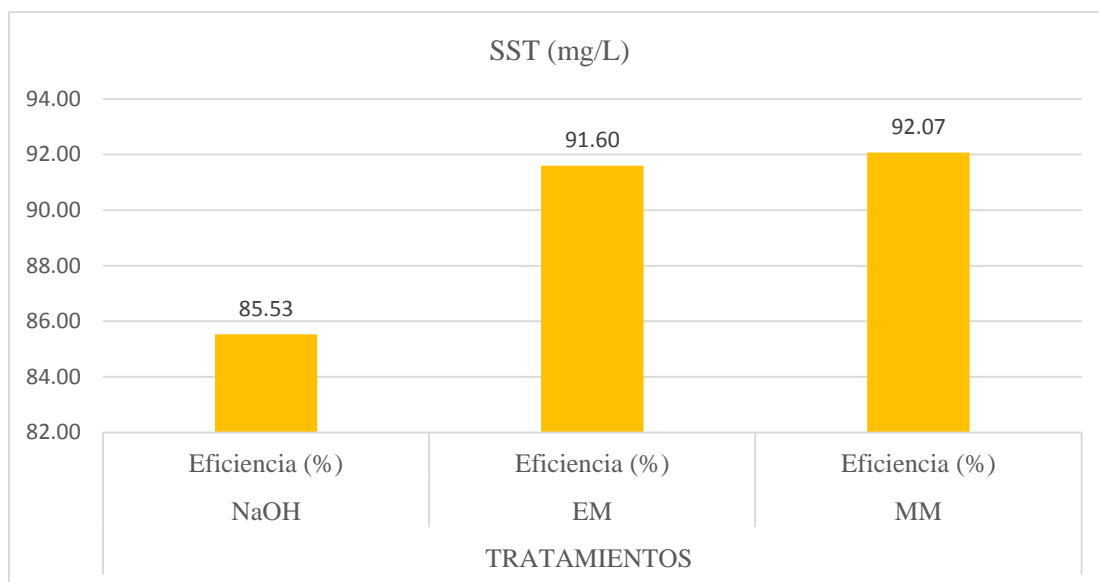


Figura 16. Porcentaje de eficiencia de remoción de SST a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - **Color**

En la tabla 20 se muestra el análisis de varianza para la remoción de color, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

Tabla 20. Análisis de varianza para Color a los siete días

| FV                         | SC     | GL | SCM   | F     | p-valor |
|----------------------------|--------|----|-------|-------|---------|
| Entre tratamientos         | 126.33 | 2  | 63.16 | 13.26 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 28.57  | 6  | 4.76  |       |         |
| Total                      | 154.90 | 8  |       |       |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para Color los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de color del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 17, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 84.76 % sobre el parámetro de Color, seguido de los EM con un 83.33% y el NaOH al 20%, con 76.197%.

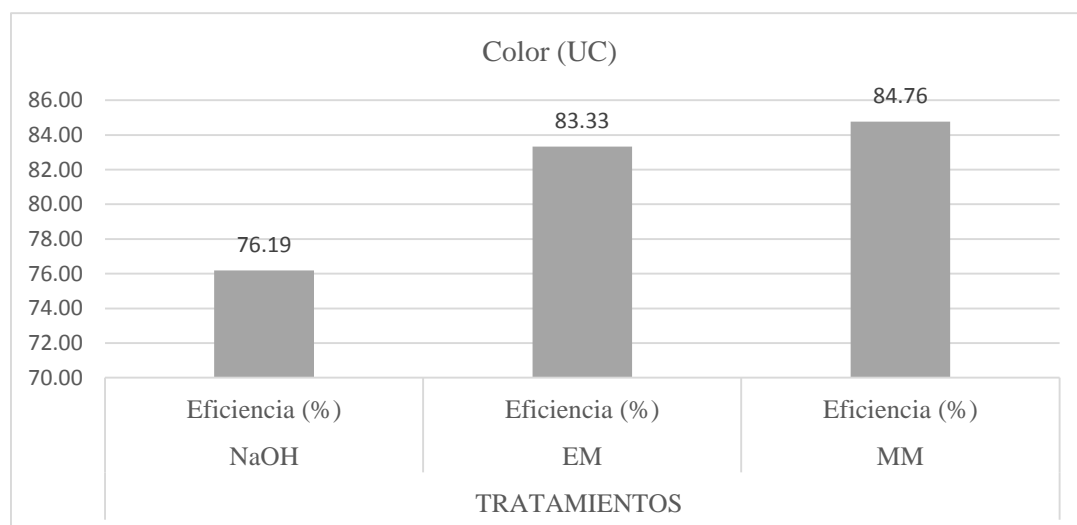


Figura 17. Porcentaje de eficiencia de remoción de Color a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - CE

En la tabla 21 se muestra el análisis de varianza para la remoción de CE, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.



Tabla 21. Análisis de varianza para CE a los siete días

| FV                         | SC     | GL | SCM   | F      | p-valor |
|----------------------------|--------|----|-------|--------|---------|
| Entre tratamientos         | 118.34 | 2  | 59.17 | 100.29 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 3.54   | 6  | 0.59  |        |         |
| Total                      | 121.88 | 8  |       |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron dos grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para CE los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, y el segundo grupo por EM y MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de CE del agua residual de la Pollería La Canga, en el segundo grupo. En la figura 18, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 73.80 % sobre el parámetro de CE, seguido de los EM con un 72.08% y el NaOH al 20%, con 65.37%.

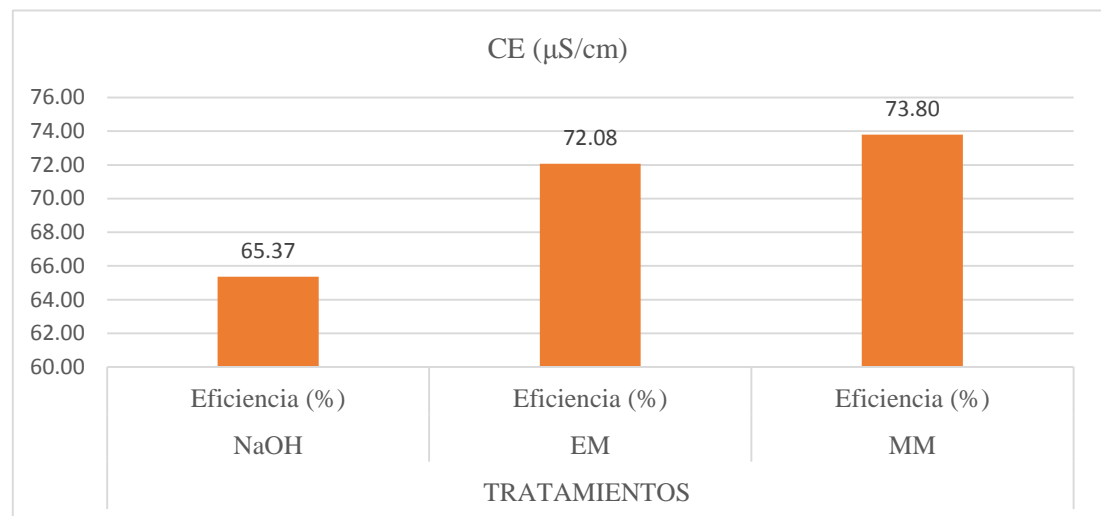


Figura 18. Porcentaje de eficiencia de remoción de CE a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

#### - **Turbidez**

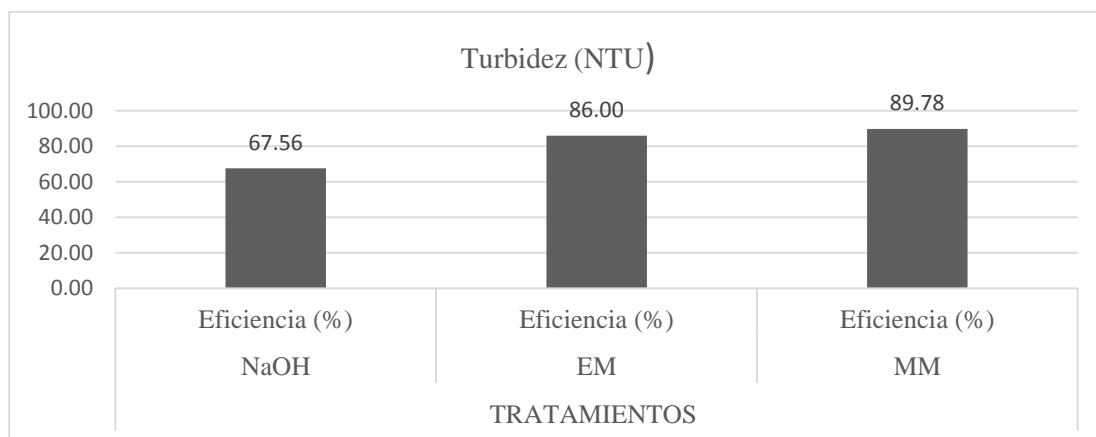
En la tabla 22 se muestra el análisis de varianza para la remoción de turbidez, a los siete días. Se obtuvo un p-valor de 0.000, es decir existe diferencia significativa

entre los tratamientos. Por ello, se realizó la prueba Tukey para conocer el mejor tratamiento.

*Tabla 22. Análisis de varianza para Turbidez a los siete días*

| FV                         | SC     | GL | SCM    | F      | p-valor |
|----------------------------|--------|----|--------|--------|---------|
| Entre tratamientos         | 846.82 | 2  | 423.41 | 578.25 | 0.000   |
| Dentro de los tratamientos | 4.39   | 6  | 0.73   |        |         |
| Total                      | 851.21 | 8  |        |        |         |

Al realizar la prueba Tukey, se formaron tres grupos o subconjuntos, como se observa en el Anexo 2. (Prueba Tukey para Turbidez los siete días). El primer grupo está formado por el tratamiento NaOH al 20%, el segundo grupo por EM y el tercer grupo por MM. Se encontró mayor eficiencia de remoción de turbidez del agua residual de la Pollería La Canga, en el tercer grupo (MM). En la figura 19, se aprecia que el tratamiento a base de MM, presenta una eficiencia de remoción de 89.78 % sobre el parámetro de Turbidez, seguido de los EM con un 86% y el NaOH al (20%) con 67.56%.



*Figura 19. Porcentaje de eficiencia de remoción de Turbidez a los 7 días*

#### 4.1.6. Análisis comparativo por tratamiento

##### 4.1.6.1. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos en los 3 primeros días

El efecto de remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados del efluente de la pollería La Canga, aplicando los 3 tratamientos los primeros 3 días, se dieron de una manera muy eficiente tal como lo muestra la figura 20. Se tiene por resultado que el tratamiento a base de NaOH al (20%), presenta una mayor eficiencia de remoción de los parámetros SST, Color, CE y Turbidez superando a los tratamientos de MM y EM; en tanto el tratamiento con MM, presento mayor eficiencia de remoción de los parámetros Aceites y grasas, DBO y DQO. En tanto que el tratamiento a base de EM, no presenta mayor eficiencia de remoción que los tratamientos anteriores, durante los primeros 3 días.

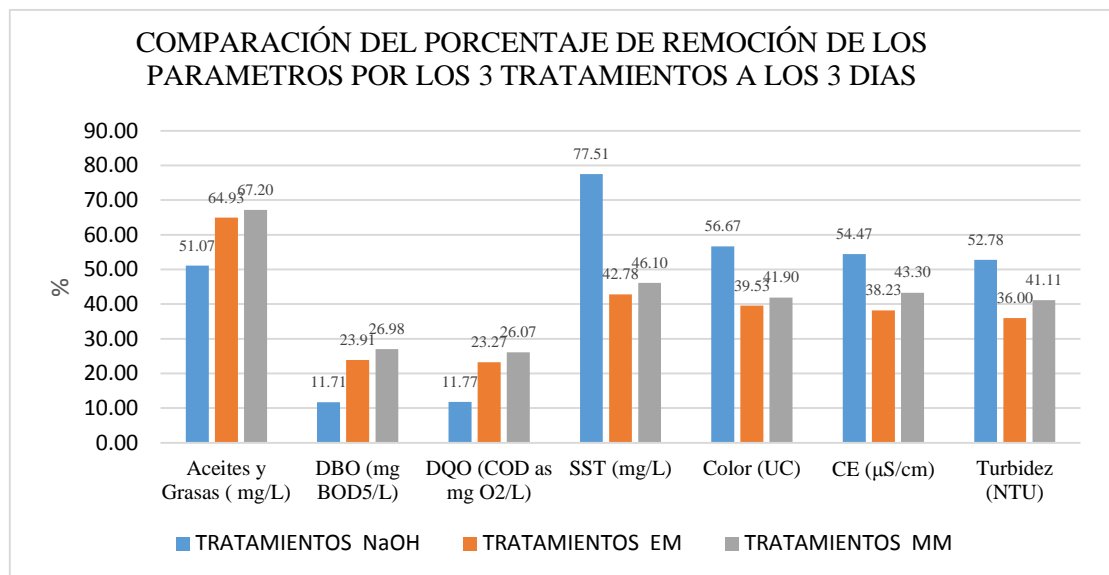


Figura 20. Porcentaje de remoción de los parámetros en los tratamientos a los tres días

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6.2. Porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos a los 7 días

El efecto de remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados del efluente de la pollería La Canga, aplicando los 3 tratamientos a los 7 días, se dieron de una manera eficiente tal como lo muestra la figura 21. Se tiene por resultado que el tratamiento a base de MM, presenta una mayor eficiencia de remoción de todos los parámetros (SST, Color, CE, Turbidez, Aceites y grasas, DBO y DQO) superando a los tratamientos de EM y NaOH al 20%; en tanto el tratamiento con EM, presento mayor eficiencia de remoción en todos los parámetros, en referencia al tratamiento con NaOH, durante los 7 días.

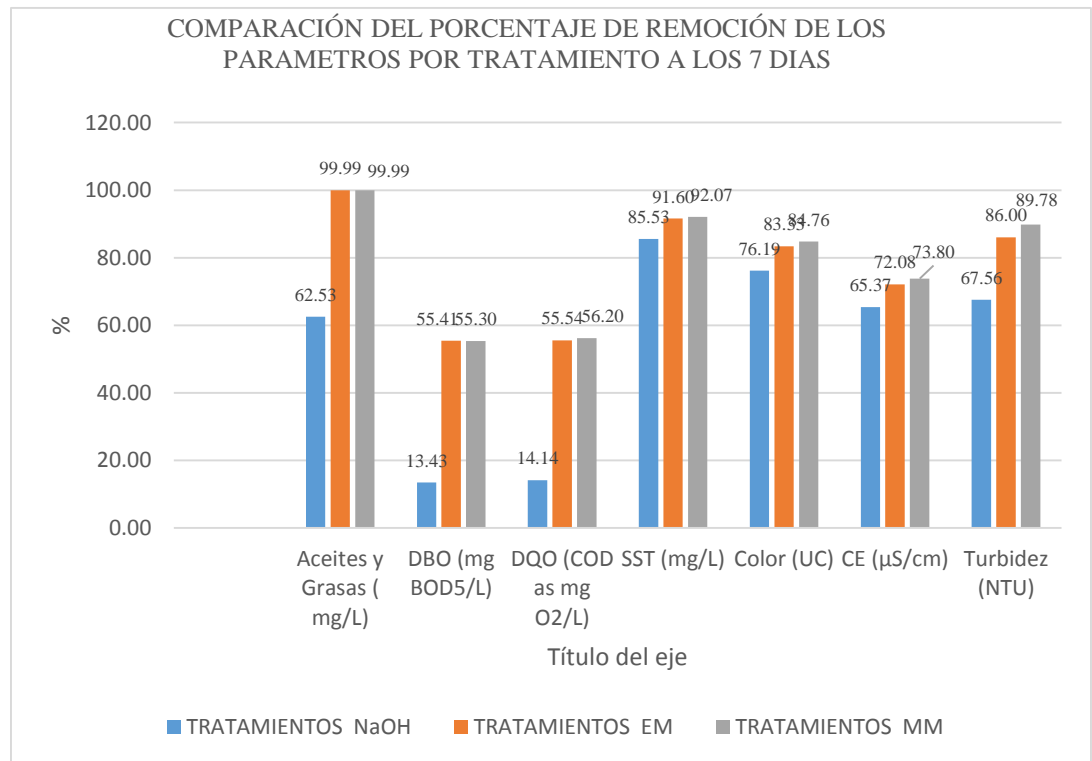


Figura 21. Porcentaje de remoción de los parámetros en los tratamientos a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Discusiones

Al realizar los análisis de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes de la pollería la canga, antes del tratamiento se encontró que solo el parámetro del pH con 8.1, está dentro de los valores máximos admisibles del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. Este nivel de pH pudo favorecer adecuadamente el desarrollo de los microorganismos dentro del tratamiento, debido a que estos niveles de pH pueden favorecer la existencia de la mayoría de los organismos vivos. Siendo así que niveles elevados de pH puede alterar la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos, (Saavedra 2017).

La aplicación de los 3 tratamientos en la muestra de aguas de los efluentes de la pollería la canga, mostraron una eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos, como Aceites y grasas, DBO, DQO, SST, Color, CE y turbidez. El tratamiento con NaOH al 20%, presento mayor grado de remoción en los primeros 3 días, frente a los parámetros de SST, color, CE y turbidez, con una eficiencia de remoción de 77.5%, 56.7%, 54.5% y 52.8% respectivamente. El NaOH al 20% es una sustancia base fuerte y en agua, ésta se separa en sus iones constitutivos  $NA^+$  y  $OH^-$ , provocando disminución en la acidez del agua con la que entra en contacto y en soluciones ácidas presentes en los lechos acuosos de manera natural, el NaOH al 20% se neutraliza y forma sales normalmente no tóxicas, (González, 2010). Estas propiedades del NaOH al 20% favorecieron a que los parámetros de SST, color, CE y turbidez, sean removidos rápidamente.

Los tratamientos con Microorganismos Eficientes y Microorganismos de Montaña; para un tiempo de 3 días, presentaron mayor eficiencia de remoción para algunos parámetros, es así que el tratamiento con MM presento una eficiencia de remoción de 67.2%, 27.0% y 26.1%

para los parámetros de AyG, DBO y DQO respectivamente. Con el tratamiento de EM se obtuvieron porcentajes de eficiencia de remoción menores a la de los otros tratamientos. Tomando en cuenta las características fisiológicas de los microorganismos de montaña siendo estos un conglomerado de diferentes tipos de géneros y especies, pueden tener actividad directa sobre los sustratos como aceites y grasas, así también poder utilizar la materia orgánica del medio a través de su actividad enzimática que desarrollan en cada proceso metabólico. En tratamientos para aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua, en el caserío de Chontamuyo, la aplicación de tratamientos con MM y ME in vitro, lograron tener una eficiencia de remoción de un 65%, para ambos tratamientos, (Collantes & Diaz, 2019).

En los 7 días de tratamiento con NaOH al 20%, MM y EM, se obtuvieron grandes porcentajes de eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes de la pollería la Canga. En el tratamiento con NaOH al 20%, la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos fueron 62.5% en Aceites y grasas, 13.4% en DBO, 14.1% en DQO, 85.5% en SST, 76.2% en Color, 65.4% en CE y 67.6% en turbidez. Estos porcentajes de remoción obtenidos suelen ser los más inferiores dentro de los 3 tratamientos utilizados. El proceso de actividad de remoción del NaOH al 20% se vio disminuido inclusive en aquellos parámetros que en los 3 días iniciales fueron los de mayor actividad superando a los tratamientos de MM y EM. Tomando en cuenta que el NaOH es una sustancia química cuyo límite de reacción y actividad química es limitado en una solución acuosa, es por ello que al transcurrir de los días su límite de reacción va disminuir o ser bloqueada por otras sustancias generadas de las propias reacciones, lo cual limita su capacidad de remoción de ciertos parámetros fisicoquímicos de los efluentes de la pollería la Canga. (Gamero & Rondinelli, 2018).

El tratamiento con EM en los 7 días, su eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos fueron 99.81% en Aceites y grasas, 55.4% en DBO, 55.5% en DQO, 91.6% en SST, 83.3% en Color, 72.1% en CE y 86% en turbidez. Estos porcentajes de remoción obtenidos son superiores al tratamiento con NaOH al 20%, pero ligeramente inferiores al tratamiento con MM. En el parámetro de Aceites y grasas logra igualar la eficiencia de remoción a los MM y en el parámetro de DBO suele superar en nivel de remoción al tratamiento con MM. Un resultado muy diferente al obtenido por Collantes & Diaz (2019), en el efecto de remoción de DBO en aguas residuales en el cual el tratamiento con MM obtuvo un porcentaje de eficiencia de remoción de 92% en tanto que el tratamiento con EM obtuvo un 86%.

Para el tratamiento con MM en los 7 días, su eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos fueron 99.81% en Aceites y grasas, 53.3% en DBO, 56.2% en DQO, 92.1% en SST, 84.8% en Color, 73.8% en CE y 89.8% en turbidez. Estos porcentajes de remoción obtenidos son superiores al tratamiento con NaOH al 20%, y EM, a excepción de los parámetros de Aceites y grasas que igualan a los EM y el parámetro de DBO el cual es ligeramente inferior al tratamiento con EM. Estos resultados difieren mucho a los obtenidos por Collantes & Diaz (2019), en el cual los MM suelen presentar mayor eficiencia de remoción que los EM en parámetros de DBO, DQO y Coliformes fecales, a excepción del parámetro SST, con 33%, frente a un 39% de EM; y empatando en el parámetro de Aceites y grasas con 65% de remoción. Esta capacidad de remoción presente en los MM puede deberse a su fácil adaptabilidad al medio ambiente y su elevado nivel metabólico de desdoblamiento enzimático que facilitan poder obtener energía del sustrato o medio que lo rodea. (Zevallos,2017).

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

De lo analizado en el presente trabajo de investigación se puede concluir que en la aplicación de los 3 tratamientos tanto con NaOH al 20%, EM y MM, se tuvo una eficiencia de remoción compartida entre los MM para los parámetros de AyG, DBO y DQO, y EL NaOH al 20% para los parámetros de SST, Color, CE y Turbidez, durante los primeros 3 días de tratamiento a los efluentes de la Pollería La Canga. A los 7 días de la aplicación de los 3 tratamientos, se obtuvieron resultados ya más definidos en cuanto a la eficiencia de remoción por parte de los microorganismos de montañas, siendo así el que obtuvo mayor porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos de AyG, DQO, SST, CE, Color y Turbidez. Siendo el tratamiento con EM el que tuvo una mayor eficiencia de remoción solo en el parámetro DBO.

Al analizar los efluentes de pollería la canga, antes de los tratamientos, se obtuvo como resultados valores de sus parámetros fisicoquímicos de Aceites y grasas (250 mg/L), DBO (6 975 mg BOD5/L), DQO (11 642 COD as mg O2/L), SST (26240 mg/L), pH (8.1), Color (70 UC) y Turbidez (300 NTU), presentan concentraciones que sobrepasan los Valores Máximos Admisibles de la norma DS N° 010-2019-MVCS, a excepción del parámetro de pH y temperatura. Por lo tanto, no cumplen los valores requeridos para ser vertidos a los sistemas de alcantarillado de la ciudad de Tarapoto.

En cuanto a la eficiencia remoción del tratamiento con Microorganismos de Montaña sobre los parámetros fisicoquímicos, en los primeros 3 días, se obtuvo una eficiencia de



67.20% en aceites y grasas, 26.98% en DBO, 26.07% en DQO, 46.10% en SST, 41.90% en Color, 43.30% en CE y 41.11% en Turbidez. Por lo que se concluye que, entre los 3 tratamientos aplicados, el tratamiento con MM tuvo mayor eficiencia de remoción, en los parámetros de Aceites y grasas, DBO y DQO. Sin embargo, a los 7 días de exposición a los 3 tratamientos, los resultados obtenidos de porcentaje de remoción para MM fueron de 99.8% en aceites y grasas, 55.3% en DBO, 56.2% en DQO, 92.1% en SST, 84.8% en Color, 73.8% en CE y 89.8% en Turbidez. Teniéndose a sí que el tratamiento de mayor eficiencia de remoción en los siete días de análisis, corresponde al tratamiento con MM, que logro obtener valores superiores de remoción en todos los parámetros fisicoquímicos a excepción de DBO.

En referencia al tratamiento con EM, se obtuvo una eficiencia remoción de los parámetros fisicoquímicos de los efluentes de la pollería La Canga; siendo así que en los primeros 3 días, se obtuvo una eficiencia de 64.93% en aceites y grasas, 23.91% en DBO, 23.27% en DQO, 42.78% en SST, 39.53% en Color, 38.23% en CE y 36% en Turbidez. Por lo que se concluye que, de los 3 tratamientos aplicados en los 3 primeros días, el tratamiento con EM tuvo una eficiencia de remoción moderada, que logró superar solo al tratamiento con NaOH al 20% en los parámetros fisicoquímicos de Aceites y grasas, DBO y DQO. Sin embargo, a los 7 días de exposición, los resultados obtenidos de porcentaje de remoción para EM fueron de 99.8% en aceites y grasas, 55.4% en DBO, 55.5% en DQO, 91.6% en SST, 83.3% en Color, 72.1% en CE y 86% en Turbidez. Es así que el tratamiento a base de EM, obtuvo una eficiencia de remoción aceptable en los siete días de análisis, logrando superar al tratamiento con MM, en el parámetro de DBO.

De los tratamientos aplicados a los efluentes de la pollería la Canga, el tratamiento a base de NaOH al 20%, obtuvo una eficiencia remoción de los parámetros fisicoquímicos es

así que en los primeros 3 días, se obtuvo una eficiencia de 51.07% en aceites y grasas, 11.71% en DBO, 11.77% en DQO, 77.51% en SST, 56.67% en Color, 54.47% en CE y 52.78% en Turbidez. Por lo que se concluye que, de los 3 tratamientos aplicados en los 3 primeros días, el tratamiento con NaOH al 20%, tuvo una eficiencia de remoción moderada, que logró superar a los tratamientos con MM y EM en los parámetros fisicoquímicos de SST, CE, Color y Turbidez. A los 7 días de exposición, los resultados obtenidos de porcentaje de remoción para NaOH al 20%, fueron de 62.5% en aceites y grasas, 13.4% en DBO, 14.15% en DQO, 85.5% en SST, 76.2% en Color, 65.4% en CE y 67.6% en Turbidez. Por lo que se concluye que el tratamiento a base de NaOH al 20% genera el menor porcentaje de remoción dentro de los 3 tratamientos aplicados a los efluentes de la pollería la Canga.

Podemos concluir que de los valores obtenidos en cuanto al porcentaje de remoción por parte de los 3 tratamientos (NaOH al 20%, Microorganismos Eficientes y Microorganismos de montaña), para los parámetros fisicoquímicos del efluente de la Pollería La Canga, se pudo lograr remover a los 7 días del tratamiento, el parámetro de Aceites y Grasas y cumplir con los Valores Máximos Admisibles de la norma DS N° 010-2019-MVCS, no pudiéndose cumplir con los otros parámetros fisicoquímicos como DBO, DQO y SST.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda la utilización de los Microorganismos de montaña y los Microorganismos eficientes para poder remediar los efluentes que emanan las pollerías y restaurantes hacia el alcantarillado de la ciudad. Toda vez que se ha corroborado que si cumple un efecto de remoción aceptable para lograr cumplir la normativa DS N° 010-2019-MVCS.

De la misma forma se recomienda realizar investigaciones con otros tipos de efluentes para evaluar el efecto remediador de los microorganismos de montaña y Microorganismos eficientes, ya que esta técnica favorece la sostenibilidad del ambiente.

## Referencias

- Álvarez, A. (2006). Los protozoos. Características generales y su rol como agentes patógenos. Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional de la Pampa. Santa Rosa – Argentina.
- Beltrán, T., & Campos, C. (2016). Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja (Universidad Nacional del Centro del Perú). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3461/Beltran-Beltran-Campos-Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campo, A., Acosta, R., Morales, S., & Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79–87. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Canales, H., & Sevilla, A. (2016). Evaluación del Uso de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Efluentes Domésticos Residuales del Distrito de Pátapo. *Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo*, 1–165. Retrieved from <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1092>
- Collantes, L & Diaz, T. (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 - San Martín 2018. Universidad Peruana Unión. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Tarapoto- Perú.
- Delgadillo, O, Camacho, A, Pérez, L, Andrade, M, (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Universidad de San Simón - Facultad de Agronomía- Cochabamba - Bolivia.
- EMPROTEC. (2010). Guía de la Tecnología de EM. *EM Producción y Tecnología S.A (EMPROTEC)*, 2, 36. Retrieved from [http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin\\_Tecnologia\\_EM.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin_Tecnologia_EM.pdf)
- Escalona, M. (2011). *Microorganismos efectivos: Su extracción y uso*. 6. Retrieved from <https://www.uv.mx/personal/asuarez/files/2011/02/Microorganismos-efectivos.pdf>
- Espigares, M., & Pérez, J. (2008). *Aguas Residuales. Composición*. Retrieved from [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residual](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residual)

es\_composicion.pdf

- Fernández, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. *Citme*, 6,8. 13, 30, 34. <https://doi.org/M-30985-2006>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación 6ta edición. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Herrera, A., Zapata, D., & Villa, L. (2016). *La enseñanza de las células eucariotas y procariotas mediante una secuencia de situaciones experimentales orientada en la teoría de los campos conceptuales*. 1–152. Retrieved from <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/2407>
- Gamero, A & Rondinelli, M. (2018) " Producción de Soda Cáustica" Universidad San Ignacio de Loyola. Lima - Perú.
- Gonzales, G. , (2010). Guia de Quimica Inorganica - Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas - Universidad Rafael Landivar- Guatemala.
- Menéndez, C., & Pérez, J. (2007). *Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales* (Félix Vare; D. Relova, Ed.). Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/284187809\\_Procesos\\_para\\_el\\_tratamiento\\_biologico\\_de\\_aguas\\_rsiduales\\_industriales](https://www.researchgate.net/publication/284187809_Procesos_para_el_tratamiento_biologico_de_aguas_rsiduales_industriales)
- Metcalf, L. (2008). Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales*, 11. Retrieved from <https://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>
- Ocasio, F. (2008). *Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del Río Piedras*. 241. Retrieved from [http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/biblioteca\\_tesisamb\\_ocasiosantiagof2008.pdf](http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/biblioteca_tesisamb_ocasiosantiagof2008.pdf)
- OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*, 36. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Ortiz, D. (2011). *Manual de tratamientos biológicos de aguas residuales para poblaciones medianas de la Región Sur del Ecuador*. 1–388. Retrieved from [http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/biblioteca\\_tesisamb\\_ocasiosantiagof2008.pdf](http://www.anagmendez.net/cupey/pdf/biblioteca_tesisamb_ocasiosantiagof2008.pdf)
- Ramirez, M. (2006). Tecnología de los microorganismos (EM), aplicada a la agriuctura y medio

- ambiente sostenible. *Universidad de Cienfuegos. Cuba*, 44. Retrieved from file:///C:/Users/Diana Abigail/Downloads/MICROORGANISMOS EFICIENTES TESJS (1).pdf
- Sánchez, M. (2014). Evaluación de la capacidad de depuración de microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Moyobamba - 2014. Retrieved from <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/2382>
- Saavedra, B. (2017). "Aplicacion de macrofitas en flotacion como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP" . Universidad de Piura - Facultad de Ingenieria. Piura- Peru.
- Torres, A., & Reyes, X. (2006). Evaluación del efecto que tienen los EM (microorganismos eficientes) en las micorrizas para la recuperación de suelos intervenidos del área de Mondoñedo. *Universidad de La Salle. Bogota D.C.*, 157. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10185/14210>
- Vásquez, C. (2014). *Efecto de los microorganismos eficientes en la disminución de la demanda biológica de oxígeno del agua residual domésticas Dren 3100* (Universidad César Vallejo). Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/38036/Vásquez\\_RCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/38036/Vásquez_RCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vidales, A., Leos, M., & Campos, M. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de la industria automotriz. *Conciencia Tecnológica*, (40), 29–34. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>
- VIVIENDA. (2009). D.S. N° 010-2019-VIVIENDA Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. *Diario El Peruano*, 406305–406307. Retrieved from [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2019\\_010.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2019_010.pdf)
- Zeballos, M. (2017). Caracterización de microorganismos de montaña (MM ) en biofertilizantes artesanales. *Escuela Agrícola Panamericana*, (Mm), 4–28. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6199/1/IAD-2017-049.pdf>
- Zion National Park. (2014). *¿What is a Microorganism?* 8. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.07.003>

## Anexos

### *Anexo 1. Prueba de Tukey a los 3 días*

#### *Anexo 1.1 Prueba Tukey para AyG a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |
|----------------|---|--------------|-------|
|                |   | 1            | 2     |
| NaOH           | 3 | 51.07        |       |
| EM             | 3 |              | 64.93 |
| MM             | 3 |              | 67.20 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | .092  |

#### *Anexo 1.2 Prueba Tukey para DBO a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|-------|
|                |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH           | 3 | 11.70        |       |       |
| EM             | 3 |              | 23.90 |       |
| MM             | 3 |              |       | 26.97 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |

#### *Anexo 1.3 Prueba Tukey para DQO a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|-------|
|                |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH           | 3 | 11.77        |       |       |
| EM             | 3 |              | 23.30 |       |
| MM             | 3 |              |       | 26.07 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |

#### *Anexo 1.4 Prueba Tukey para SST a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|-------|
|                |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH           | 3 | 11.77        |       |       |
| EM             | 3 |              | 23.30 |       |
| MM             | 3 |              |       | 26.07 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |

Anexo 1.5 *Prueba Tukey para color a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |
|----------------|---|--------------|-------|
|                |   | 1            | 2     |
| NaOH           | 3 | 39.50        |       |
| EM             | 3 | 41.90        |       |
| MM             | 3 |              | 56.63 |
| <b>p-valor</b> |   | .183         | 1.000 |

Anexo 1.6: *Prueba Tukey para CE a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|-------|
|                |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH           | 3 | 38.20        |       |       |
| EM             | 3 |              | 43.30 |       |
| MM             | 3 |              |       | 54.43 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |

Anexo 1.7: *Prueba Tukey para turbidez a los tres días*

| Tratamiento    | N | Subconjuntos |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|-------|
|                |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH           | 3 | 36.00        |       |       |
| EM             | 3 |              | 42.10 |       |
| MM             | 3 |              |       | 52.80 |
| <b>p-valor</b> |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |



## *Anexo 2. Prueba de Tukey a los 7 días*

### *Anexo 2.1: Prueba Tukey para AyG a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 62.53        |       |
| EM          | 3 |              | 99.80 |
| MM          | 3 |              | 99.80 |
| p-valor     |   | 1.000        | 1.000 |

### *Anexo 2.2: Prueba Tukey para DBO a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 13.43        |       |
| EM          | 3 |              | 55.30 |
| MM          | 3 |              | 55.40 |
| p-valor     |   | 1.000        | .990  |

### *Anexo 2.3: Prueba Tukey para DQO a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 14.13        |       |
| EM          | 3 |              | 55.53 |
| MM          | 3 |              | 56.20 |
| p-valor     |   | 1.000        | .105  |

### *Anexo 2.4: Prueba Tukey para SST a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 85.50        |       |
| EM          | 3 |              | 91.60 |
| MM          | 3 |              | 92.03 |
| p-valor     |   | 1.000        | .065  |

### *Anexo 2.5: Prueba Tukey para color a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 76.20        |       |
| EM          | 3 |              | 83.33 |
| MM          | 3 |              | 84.77 |
| p-valor     |   | 1.000        | .714  |

### *Anexo 2.6: Prueba Tukey para CE a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |
|-------------|---|--------------|-------|
|             |   | 1            | 2     |
| NaOH        | 3 | 65.40        |       |
| EM          | 3 |              | 72.10 |
| MM          | 3 |              | 73.80 |
| p-valor     |   | 1.000        | .078  |

*Anexo 2.7: Prueba Tukey para turbidez a los siete días*

| Tratamiento | N | Subconjuntos |       |       |
|-------------|---|--------------|-------|-------|
|             |   | 1            | 2     | 3     |
| NaOH        | 3 | 67.57        |       |       |
| EM          | 3 |              | 86.00 |       |
| MM          | 3 |              |       | 89.77 |
| p-valor     |   | 1.000        | 1.000 | 1.000 |

*Anexo 3. Ficha de recolección de datos*

| Tipo de agua: residual municipal               |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
|--|-------|------|----|------------------|------------------|-----|-----|-----|-------|
| Denominación del punto de monitoreo:           |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| N°   | Fecha | Hora | pH | Temperatura (°C) | Aceites y grasas | DBO | DQO | SST | Color |
| 1  |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| 2  |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| 3  |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| 4  |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| 5  |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| Eventuales observaciones al punto de monitoreo |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |
| Características del agua residual              |       |      |    |                  |                  |     |     |     |       |

## Anexo 4. Resultados del laboratorio antes del tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5456

#### I.- DATOS DEL SERVICIO

|                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.-RAZÓN SOCIAL                | : RENGFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 2.-DIRECCIÓN                   | : JR. 20 DE AGOSTO MZ.C LOTE 20   |
| 3.-PROYECTO                    | : ANÁLISIS DE AGUA                |
| 4.-PROCEDENCIA                 | : SAN MARTIN - TARAPOTO           |
| 5.-SOLICITANTE                 | : RENGFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N°        | : OS-20-1808                      |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO   | : NO APLICA                       |
| 8.-MUESTREO POR                | : EL CUENTE                       |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2020-10-21                      |

#### II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO                      | : AGUA                     |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS            | : 1                        |
| 3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : 2020-10-07               |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO             | : 2020-10-07 al 2020-10-21 |

Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zaramilla Mz 20 lote 3 Bellavista - Callao

Tel. +51 453 1389 / 717 0636

www.alab.com.pe

Página 1 de 3

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5456**
**III-METODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO                    | NORMA DE REFERENCIA                                    | TITULO  |
|-----------------------------------|--|---|
| Aceites y Grasas (*)              | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520<br>B, 23 rd Ed. 2017     | Oil and Grease: Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method |
| Color (*)                         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120<br>C, 23 rd Ed. 2017     | Color: Spectrophotometric - Single - Wavelength Method      |
| Conductividad (*)                 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510<br>B 23rd Ed. 2017       | Conductivity, Laboratory Method.                            |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (*) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210<br>B, 23 rd Ed. 2017     | Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test             |
| Demanda Química de Oxígeno (*)    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220<br>D, 23 rd Ed. 2017     | Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method  |
| pH <sub>n</sub>                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-<br>H+ B, 23 rd Ed. 2017 | pH Value Electrometric Method                               |
| Sólidos Suspendidos Totales (*)   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540<br>D, 23 rd Ed. 2017     | Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C           |
| Temperatura (*)                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520<br>B, 23rd Ed. 2017      | Salinity, Electrical Conductivity Method.                   |
| Turbidez (*)                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130<br>B 23rd Ed. 2017       | Turbidity, Nephelometric Method.                            |

\*SMEWW\* - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5456**
**IV. RESULTADOS**

| ITEM                             |                             |        | PATRÓN          |
|----------------------------------|-----------------------------|--------|-----------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO            |                             |        | M-20-17749      |
| CÓDIGO DEL CLIENTE               |                             |        | SIN TRATAMIENTO |
| COORDENADAS                      |                             |        | E: 349393       |
| UTM WGS 84                       |                             |        | N: 9282529      |
| PRODUCTO                         |                             |        | AGUA RESIDUAL   |
| SUB PRODUCTO                     |                             |        | NO DOMICILIARIA |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO          |                             |        | NO APLICA       |
| MUESTREO                         |                             |        | FECHA           |
|                                  |                             |        | 2020-10-06      |
|                                  |                             |        | HORA            |
|                                  |                             |        | 09:00           |
| ENSAYO                           | UNIDAD                      | L.D.M. | RESULTADOS      |
| Asoles y Grasas (1)              | mg/L                        | 0.48   | 250             |
| ENSAYO                           | UNIDAD                      | L.C.M. | RESULTADOS      |
| Color (1)                        | UC                          | 5      | 70              |
| Conductividad (1)                | µS/cm                       | 0.01   | 3 100.00        |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno(1) | mg BOD5/L                   | 2.0    | 6 975.0         |
| Demanda Química de Oxígeno (1)   | COD as mg O2/L              | 5      | 11 642          |
| pH (1)                           | Unid. pH                    | 0.01   | 8.1             |
| Sólidos Suspendidos Totales (1)  | mg Total Suspended Solids/L | 5      | 26 240          |
| Temperatura (1)                  | °C                          | 0.1    | 20.4            |
| Turbidez (1)                     | NTU                         | 0.01   | 300             |

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

\*FIN DE DOCUMENTO\*

## Anexo 5. Resultados del laboratorio a los 3 días del tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5618

#### I.- DATOS DEL SERVICIO

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1.-RAZÓN SOCIAL                | RENGIFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 2.-DIRECCIÓN                   | JR. 20 DE AGOSTO MZ C LOTE 20    |
| 3.-PROYECTO                    | ANÁLISIS DE AGUA                 |
| 4.-PROCEDENCIA                 | TARAPOTO - SAN MARTIN            |
| 5.-SOLICITANTE                 | RENGIFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N°        | OS-20-1808                       |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO   | NÓ APLICA                        |
| 8.-MUESTREO POR                | EL CLIENTE                       |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | 2020-10-21                       |

#### II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1.-PRODUCTO                      | AGUA                     |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS            | 3                        |
| 3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | 2020-10-11               |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO             | 2020-10-11 al 2020-10-21 |

Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP: 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5618**
**III-METODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO                    | NORMA DE REFERENCIA                                | TÍTULO  |
|-----------------------------------|--|---|
| Acidos y Grasas (1)               | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520<br>B, 23 rd Ed. 2017 | Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210<br>B, 23 rd Ed. 2017 | Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test             |
| Demanda Química de Oxígeno (1)    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220<br>D, 23 rd Ed. 2017 | Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method  |
| Sólidos Suspendedos Totales (1)   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540<br>D, 23 rd Ed. 2017 | Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C           |

<sup>1</sup>SMEWW<sup>1</sup> : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater



**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5618**
**IV. RESULTADOS**

| ITEM                              |                              |               | SODA CAUSTICA     |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO             |                              |               | M-20-18313        |
| CÓDIGO DEL CLIENTE                |                              |               | 3 DÍAS            |
| COORDENADAS                       |                              |               | E: 349393         |
| UTM WGS 84                        |                              |               | N: 9282529        |
| PRODUCTO                          |                              |               | AGUA RESIDUAL     |
| SUB PRODUCTO                      |                              |               | NO DOMICILIARIA   |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO           |                              |               | NO APLICA         |
| FECHA                             |                              |               | 2020-10-08        |
| HORA                              |                              |               | 8:30              |
| <b>MUESTREO</b>                   |                              |               |                   |
| <b>ENSAYO</b>                     | <b>UNIDAD</b>                | <b>L.D.M.</b> | <b>RESULTADOS</b> |
| Aceite y Grasas (1)               | mg/L                         | 0.48          | 120               |
| <b>ENSAYO</b>                     | <b>UNIDAD</b>                | <b>L.C.M.</b> | <b>RESULTADOS</b> |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) | mg BOD5/L                    | 2.0           | 6 165.0           |
| Demanda Química de Oxígeno (1)    | COD as mg O2/L               | 5             | 10 304            |
| Sólidos Suspendedos Totales (1)   | mg Total Suspendido Sólido/L | 5             | 5 910             |

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5618**
**IV. RESULTADOS**

| ITEM                              |                             |        | M. EFICIENTE    | M. MONTAÑA      |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO             |                             |        | M-20-18314      | M-20-18315      |
| CÓDIGO DEL CLIENTE                |                             |        | 3 DÍAS          | 3 DÍAS          |
| COORDENADAS                       |                             |        | E: 349393       | E: 349393       |
| UTM WGS 84                        |                             |        | N: 9282529      | N: 9282529      |
| PRODUCTO                          |                             |        | AGUA RESIDUAL   | AGUA RESIDUAL   |
| SUB PRODUCTO                      |                             |        | NO DOMICILIARIA | NO DOMICILIARIA |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO           |                             |        | NO APLICA       |                 |
| MUESTREO                          |                             |        | FECHA           | 2020-10-09      |
|                                   |                             |        | HORA            | 08:30           |
|                                   |                             |        | 08:30           | 08:30           |
| ENSAYO                            | UNIDAD                      | L.D.M. | RESULTADOS      |                 |
| Aceites y Grasas (1)              | mg/L                        | 0.48   | 90              | 85              |
| ENSAYO                            | UNIDAD                      | L.C.M. | RESULTADOS      |                 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) | mg BOD5/L                   | 2.0    | 5 385.0         | 5 175.0         |
| Demanda Química de Oxígeno (1)    | COD as mg O2/L              | 5      | 8 967           | 8 632           |
| Sólidos Suspensos Totales (1)     | mg Total Suspended Solids/L | 5      | 15 055          | 14 320          |

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

\*FIN DE DOCUMENTO\*

## Anexo 6. Resultados del laboratorio a los 7 días del tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON EL REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5690

#### I.- DATOS DEL SERVICIO

|                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1.-RAZON SOCIAL                | : RENGIFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 2.-DIRECCIÓN                   | : JR. 20 DE AGOSTO MZ C LOTE 20    |
| 3.-PROYECTO                    | : ANÁLISIS DE AGUA                 |
| 4.-PROCEDENCIA                 | : TARAPOTO- SAN MARTIN             |
| 5.-SOLICITANTE                 | : RENGIFO SANTA MARIA MIGUEL ANGEL |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N°        | : OS-20-1808                       |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO   | : NO APLICA                        |
| 8.-MUESTREADO POR              | : EL CLIENTE                       |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2020-10-21                       |

#### II.- DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO                      | : AGUA                     |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS            | : 3                        |
| 3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : 2020-10-13               |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO             | : 2020-10-13 al 2020-10-21 |

  
\_\_\_\_\_  
Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao

Tel: +51 453 1389 / 717 0636

www.alab.com.pe

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-5690

IV. RESULTADOS

| ITEM                              | SODA CAUSTICA               | M. EFICIENTE    | M. MONTAÑA            |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO             | M-20-18538                  | M-20-18539      | M-20-18540            |
| CÓDIGO DEL CLIENTE                | 7 DÍAS                      | 7 DÍAS          | 7 DÍAS                |
| COORDENADAS                       | E: 349393                   | E: 349393       | E: 349393             |
| UTM WGS 84                        | N: 9282529                  | N: 9282529      | N: 9282529            |
| PRODUCTO                          | AGUA RESIDUAL               | AGUA RESIDUAL   | AGUA RESIDUAL         |
| SUB PRODUCTO                      | NO DOMICILIARIA             | NO DOMICILIARIA | NO DOMICILIARIA       |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO           | NO APLICA                   |                 |                       |
| MUESTREO                          | FECHA                       | 2020-10-13      | 2020-10-13            |
|                                   | HORA                        | 08:30           | 08:30                 |
| ENSAYO                            | UNIDAD                      | L.D.M.          | RESULTADOS            |
| Acidez y Grasas (1)               | mg/L                        | 0.48            | 92 <0.48 <0.48        |
| ENSAYO                            | UNIDAD                      | L.C.M.          | RESULTADOS            |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) | mg BOD5/L                   | 2.0             | 6 015.0 3 130.8 3 222 |
| Demanda Química de Oxígeno (1)    | COD as mg O2/L              | 5               | 10 037 5 221 5 120    |
| Sólidos Suspendidos Totales (1)   | mg Total Suspended Solids/L | 5               | 3 820 2 257 2 120     |

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

(1) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

\*FIN DE DOCUMENTO\*

## Anexo 7. Panel fotográfico

Anexo 7.1. Microorganismos de montaña y eficientes antes de ser activados.



Anexo 7.2. Activación de los microorganismos eficientes.



Anexo 7.3. Activación de los microorganismos de montaña.



Anexo 7.4. Trampa de grasa.





Anexo 7.5. Kit de muestreo.



Anexo 7.6. Tratamiento inicial con el hidróxido de sodio (NaOH).



Anexo 7.7. Tratamiento inicial con el microorganismo de montaña (MM).



Anexo 7.8. Tratamiento inicial con el microorganismo eficiente (ME).

