

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación de un consorcio de microorganismos en la  
remoción de contaminantes de las aguas residuales de  
la empresa Servicios INKARI E.I.R.L. en el distrito de  
Majes Arequipa - 2022**

Leidy Gladys Fernandez Llamoca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme dado la vida, salud y fuerza para luchar por las metas trazadas, también por permitirme crecer como profesional. A mis padres por confiar en cada paso que doy, en cada decisión que tomo y por su apoyo en cada etapa de mi vida.

A mi asesor Mg. Steve Dann Camargo Hinostroza por su entusiasmo, apoyo y colaboración en todo el proceso de elaboración de esta investigación.

También agradecer a los amigos cercanos que me apoyaron con sus consejos y sugerencias.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Victor y Gladis, por ser ejemplo de esfuerzo y dedicación, así como el pilar y razón de cada logro a lo largo de mi vida, a mi hermana por su confianza y palabras de aliento.

A Dios, por ser la luz que guía mi camino, por concederme paciencia y perseverancia para poder lograr cada una de las metas trazadas a lo largo de mi vida y carrera profesional.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.1.2. Formulación del problema.....	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.3.1. Justificación.....	14
1.3.2. Importancia.....	16
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	17
1.4.1. Hipótesis General.....	17
1.4.2. Hipótesis Especificas.....	17
1.5. Operacionalización de variables.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	23
2.1.3. Antecedentes regionales y locales.....	26
2.2. Bases teóricas.....	29
2.2.1. Industria Láctea.....	29
2.2.2. Agua Residual.....	30
2.2.3. Tipos de Agua Residual.....	30
2.2.4. Caracterización del agua residual.....	32
2.2.5. Impacto ambiental del agua residual láctea.....	36
2.2.6. Tratamiento de agua residual láctea.....	37
2.2.7. Tipos de tratamiento de agua residual.....	38

2.2.8. Consorcio de microorganismos .....	40
2.3. Definición de términos básicos .....	43
CAPÍTULO III .....	46
METODOLOGÍA.....	46
3.1. Método y alcance de la investigación .....	46
3.1.1. Método .....	46
3.1.2. Alcance de la investigación.....	46
3.2. Diseño de la investigación .....	47
3.3. Población y muestra.....	48
3.3.1. Población.....	48
3.3.2. Muestra.....	48
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	49
3.4.1. Técnicas.....	49
3.4.2. Instrumentos .....	49
3.4.3. Técnicas de proceso y análisis de datos .....	50
3.4.4. Materiales y equipos.....	50
3.4.5. Procedimiento de la investigación.....	51
CAPÍTULO IV .....	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	58
4.1.1. Determinación de valores iniciales de DBO y DQO del agua residual láctea .....	58
4.1.2. Concentraciones de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno. ....	59
4.1.3. Concentraciones de remoción de Demanda Química de Oxígeno .....	60
4.1.4. Remoción según la cantidad del consorcio de microorganismos.....	61
4.1.5. Eficiencia del consorcio de Microorganismos.....	61
4.2. Prueba de hipótesis .....	62
4.2.1. Hipótesis específica 1.....	62
4.2.2. Hipótesis Especifica 2 .....	65
4.2.3. Hipótesis General .....	68
4.3. Discusión de resultados .....	69
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXOS.....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación. ....	18
Tabla 2. Clasificación de las fuentes de generación de agua residual .....	31
Tabla 3. Indicadores de remoción de carga orgánica.....	39
Tabla 4. Biodegradabilidad de Aguas residuales .....	40
Tabla 5. Condiciones óptimas y límites del consorcio.....	42
Tabla 6. Parámetros para el desarrollo microbológico .....	43
Tabla 7. Diseño de la investigación. ....	48
Tabla 8. Puntos para la toma de muestra .....	54
Tabla 9. Métodos de Ensayo .....	56
Tabla 10. Caracterización inicial de DQO y DBO en agua residual láctea. ....	58
Tabla 11. Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno posterior al tratamiento. ..	59
Tabla 12. Resultados de Demanda Química de Oxígeno posterior al tratamiento. ....	60
Tabla 13. Porcentaje de remoción de carga orgánica.....	62
Tabla 14. ANOVA para DBO por tratamientos.....	63
Tabla 15. Prueba de Múltiple Rango para DBO por Tratamientos, diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.....	64
Tabla 16. ANOVA para DQO por tratamientos. ....	66
Tabla 17. Prueba de Múltiple Rango para DQO por Tratamientos, diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.....	67
Tabla 18. Contrastación de resultados .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Ubicación de la empresa Servicios Inkari, Majes.</i> .....	49
<b>Figura 2.</b> <i>Metodología aplicada.</i> .....	51
<b>Figura 3.</b> <i>Comparación de remoción de DQO y DBO a diferente dosificación.</i> .....	61
<b>Figura 4.</b> <i>Medias e Intervalos para DBO usando el método LSD Fisher con el programa Statgraphics</i> .....	65
<b>Figura 5.</b> <i>Medias e Intervalos para DQO usando el método LSD Fisher con el programa Statgraphics.</i> .....	68
<b>Fotografía 1.</b> <i>Toma de muestras para formar la muestra compuesta representativa.</i> ..	91
<b>Fotografía 2.</b> <i>Homogenización de la muestra de agua residual láctea</i> .....	91
<b>Fotografía 3.</b> <i>Muestra enviada al laboratorio para la caracterización inicial</i> .....	92
<b>Fotografía 4.</b> <i>Reactores con condiciones de temperatura y flujo continuo de movimiento</i> .....	92
<b>Fotografía 5.</b> <i>Pesaje y preparación del consorcio de microorganismos</i> .....	93
<b>Fotografía 6.</b> <i>Puesta en marcha del tratamiento.</i> .....	93
<b>Fotografía 7.</b> <i>Medición y regulación de pH</i> .....	94
<b>Fotografía 8.</b> <i>Muestra final posterior al tratamiento</i> .....	94
<b>Fotografía 9.</b> <i>Preservación de muestras</i> .....	94
<b>Fotografía 10.</b> <i>Toma de muestras final enviadas al laboratorio</i> .....	95

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes, por lo tanto, se analizó la remoción de DBO y DQO del efluente residual lácteo empleando el consorcio de microorganismos enzimas y bacterias biodigestoras. Metodológicamente se tuvo en cuenta el tipo de investigación aplicada, nivel explicativo y el diseño experimental, respecto al proceso de tratamiento, primero se realizó la caracterización inicial de la muestra, encontrando valores elevados de 6536 mg/l en demanda bioquímica de oxígeno, así como 8904.9 mg/l en demanda química de oxígeno, lo cual permitió conocer el estado del agua residual y determinar si necesitaba ser sometido a un tratamiento, a partir de esta primera evaluación, se planteó un sistema de tratamiento biológico aeróbico empleando el consorcio de microorganismos bzt, los cuales fueron inoculados en reactores que tenían las condiciones óptimas de pH, temperatura y flujo continuo de movimiento para un adecuado funcionamiento. Se evaluaron tratamientos con diferentes dosificaciones, de 1g/l, 1.7 g/l y grupo control en 3 litros de agua residual. Los resultados muestran una mejor remoción de contaminantes con el tratamiento de menor dosificación, obteniendo valores de hasta 1380 mg/l en DBO, logrando la remoción de un 78% y valores de hasta 2162.7 mg/l en DQO representando el 75% de remoción. Los resultados se analizaron empleando la prueba estadística ANOVA de un solo factor categórico empleando el programa Statgraphics, por lo tanto, se concluye que el consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., se determina que la aplicación del consorcio influye de manera positiva en la reducción de DBO y DQO, destacando como tratamiento ideal 1 g/l, el cual obtuvo los valores máximos de remoción de contaminantes en la presente investigación.

**Palabras claves:** *tratamiento biológico, consorcio de microorganismos, carga orgánica, DQO, DBO, agua residual.*

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the consortium of microorganisms in the removal of pollutants from the wastewater of the company Servicios Inkari E.I.R.L. in the district of Majes, therefore, the removal of BOD and COD values of the dairy waste effluent was analyzed using the consortium of microorganisms enzymes and biodegrader bacteria. Methodologically, the type of applied research, explanatory level and experimental design were taken into account, regarding the treatment process, first the initial characterization of the sample was carried out, finding high values of 6536 mg/l in biochemical oxygen demand, as well as 8904 mg /l in chemical oxygen demand, which allowed knowing the status of the wastewater and determining if it needed to be subjected to treatment, based on this first evaluation, an aerobic biological treatment system was proposed using the consortium of bzt microorganisms, which were inoculated in reactors that had the optimum conditions of pH, temperature and continuous flow of movement for proper operation. Treatments with different dosages of 1 g/l, 1.7 g/l and control group were evaluated in 3 liters of wastewater. The results show a better removal of pollutants with the lower dosage treatment, obtaining values of up to 1380 mg/l in BOD, achieving a removal of 78% and values of up to 2162.7 mg/l in COD representing 75% removal. The results were analyzed using the statistical test ANOVA of a single categorical factor using the Statgraphics program, therefore, it is concluded that the consortium of microorganisms is efficient in the removal of pollutants from the wastewater of the company Servicios Inkari E.I.R.L., it is determined that the application of the consortium positively influences the reduction of BOD and COD, highlighting 1 g/l as the ideal treatment, which obtained the maximum values of pollutant removal in this research.

**Key words:** *biological treatment, microorganism consortium, organic load, COD, BOD, wastewater.*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cuidado y aprovechamiento del agua es fundamental para lograr un equilibrio de desarrollo sostenible, la disponibilidad de este recurso se ve afectada por la contaminación de diversas fuentes, por lo tanto, existe un enfoque de investigación hacia las posibles soluciones.

Según la OMS, en los estudios realizados, indica que, cerca de 844 millones de personas carecen de servicios básicos de agua potable, incluyendo un promedio de 159 millones de personas que dependen del agua superficial. El agua segura y accesible es vital para la salud pública en las diferentes actividades desarrolladas, mejorar el abastecimiento de agua, el saneamiento y una adecuada gestión puede promover el crecimiento económico de los países (1).

Uno de los sectores que emplea mayor cantidad de agua es la industria alimentaria en el departamento de Arequipa, el sector industrial lácteo que genera gran cantidad de efluentes residuales.

El agua excedente contaminante, es el producto de fugas y derrames de insumos, limpieza de superficies (suelo e instalaciones), higienización de los instrumentos o equipos de proceso tales como: contenedores, pasteurizadores, tanques, tinas de cuajo, en cada una de las etapas del procesamiento del producto, así como también en el vertido de la solución acuosa llamada lactosuero.

El problema más significativo de este sector industrial es la generación de efluentes, tomando en cuenta tanto el volumen, como la cantidad de carga orgánica contaminante que posee. Se puede clasificar en dos fuentes de generación: de proceso y de limpieza. Según la investigación de Tirado, Gallo, Acevedo y Mouthon: la cantidad de efluentes lácteos es de 2 a 3 litros por kilogramo de producto (2).

Parra, menciona en su investigación que, “aproximadamente el 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero, el cual retiene cerca del 55 % del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales. Algunas posibilidades del reúso de este residuo han sido propuestas, pero las estadísticas indican que una importante porción de este residuo es descartada como efluente el cual crea un serio problema ambiental debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto” (3).

Adicionalmente, parte de estos efluentes pueden llegar hasta las fuentes de agua subterráneas por medio de la escorrentía o infiltración, afectando la calidad de estas, el problema toma mayor relevancia cuando este líquido excedente a desechar no es tratado. A lo largo de los años se han planteado diferentes soluciones y tratamientos para reducir la carga orgánica de estas aguas residuales, los estudios e investigaciones demuestran que los efluentes lácteos pueden ser tratados, teniendo en cuenta que el subproducto denominado suero de leche, posee una biodegradación algo compleja por lo tanto puede ocasionar carga en cualquier método de tratamiento aplicado.

Existen diferentes métodos fisicoquímicos de tratamiento, pero debido al elevado gasto de energía y la contaminación secundaria adicional, limitan su utilidad en el tratamiento de efluentes. Mientras que, los métodos biológicos vienen generando mayor interés en el tratamiento de efluentes ya que son rentables, amigables con el entorno ambiental y eficientes (2).

La presente investigación, busca conseguir la remoción de contaminantes de estas aguas sobrecargadas generalmente de materia orgánica, que debido a sus características y composición generan un desequilibrio y alteración en los cuerpos de agua o suelos con los que entran en contacto, por lo tanto, se busca dar respuesta a la hipótesis planteada, respecto a la eficiencia del consorcio de microorganismos y generar nuevo conocimiento.

El contenido de la investigación se subdivide en cuatro capítulos:

**CAPÍTULO I:** se presenta el planteamiento del estudio, detallando la formulación del problema, objetivos, importancia, hipótesis y operacionalización de variables, brindando un enfoque inicial acerca del tema desarrollado.

**CAPÍTULO II:** se describen los antecedentes y bases teóricas que permiten conocer a fondo el tema de investigación.

**CAPÍTULO III:** se plantea la metodología empleada en toda la investigación junto con la descripción de la muestra e instrumentos para la recolección de información.

**CAPÍTULO IV:** se encuentran los resultados obtenidos a partir de la evaluación del consorcio de microorganismos en el tratamiento de las aguas residuales y la discusión contrastando información de otras investigaciones.

Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado después de obtener los resultados.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial según Nabbou, Benyagoub, Mellouk y Benmoussa, quienes realizaron investigaciones para evaluar el riesgo químico del agua residual láctea descargados de una empresa dedicada al procesamiento de leche, ubicada en Bechar, Argelia, los resultados demostraron la contaminación a causa de los altos niveles de materia orgánica, expresado con los parámetros DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y turbidez. La relación DQO/DBO<sub>5</sub> con valor promedio de 1,015 mg/L denota el carácter de biodegradabilidad de los efluentes lácteos descargados. Los elevados niveles de contaminación se ven agravados por la ausencia de tratamiento de estas aguas residuales, dañando el ambiente y la diversidad biológica, por lo tanto, la salud humana (4).

A nivel latinoamericano en Guaranda, Ecuador, el estudio de Armijo, Azogue, Barragan y Freire, indica que, se emplea grandes cantidades de agua en los diferentes procesos de la industria láctea, ya sea de lavado, desinfección y limpieza, lo cual demuestra la generación de efluentes residuales con alta carga de contaminantes orgánicos, considerando DQO y DBO elevados, concentración de grasas, así como nitrógeno y fósforo. Agravando la condición natural del recurso hídrico como resultado del crecimiento industrial constante durante los últimos años (5).

Según las investigaciones de CONCYTEC acerca del proceso de producción de lácteos y derivados, reportaron que la industria lechera genera una cantidad considerable de aguas residuales por día que oscilan entre 500 litros a más, dependiendo del volumen de producción, gran parte de esta agua contiene trazas de leche y químicos, por lo tanto, el proceso adecuado de tratamiento de efluentes, generalmente demanda energía y costos operativos considerables, independientemente de este problema, el tratamiento de aguas residuales tiene la posibilidad de transformarse en un proceso sostenible si se aplican los métodos adecuados, logrando ser una valiosa fuente de recursos y energía, si se reutilizan estos excedentes líquidos en lugar de ser desechados (6).

Según estudios del MINAGRI en comparación con el año 2018, la producción de leche aumentó un 3,06 %. Las ciudades con mayor producción de lácteos fueron:

Cajamarca, con 18,37 %; Arequipa, con 16,79 % y Lima, con 16,57 % (7). Por lo tanto, las empresas de este sector industrial tienen la responsabilidad de disponer responsablemente de sus residuos, así como el adecuado tratamiento de efluentes que contienen componentes tóxicos para el ambiente.

El impacto ambiental a causa de la descarga de agua residual láctea sin previo tratamiento constituye la afectación del recurso hídrico y suelos colindantes, debido a que en esta zona no se cuenta con servicios de saneamiento básico como desagües, por ello, el contacto del efluente residual lácteo con el suelo o con los cuerpos hídricos en la localidad de Majes, representa un importante problema ambiental de contaminación, así como la alteración de la calidad de estos componentes. Mientras que la gran cantidad de agua utilizada en los diferentes procesos de la industria láctea demuestran la necesidad de darle un tratamiento adecuado.

La biorremediación es un tratamiento que facilita la remoción de la carga orgánica contaminante, empleando enzimas, bacterias, algas y hongos, asegurando la minimización de contaminantes vertidos a suelos, ríos y alcantarillado. Por lo expuesto, la presente investigación evaluó el comportamiento del consorcio de microorganismos en la descontaminación de efluentes residuales lácteos.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

#### **1.1.2.1. Problema General:**

- ¿Cuál será la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes, Arequipa - 2022?

#### **1.1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál será la carga contaminante mediante la evaluación inicial de DBO y DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.?
- ¿Cuál será la influencia en la remoción de DBO y DQO posterior al tratamiento de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. empleando el consorcio de microorganismos?
- ¿Cuál será la cantidad adecuada del consorcio de microorganismos para la remoción de DBO y DQO de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes, Arequipa - 2022.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la carga contaminante mediante la evaluación inicial de DBO y DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.
- Determinar la influencia en la remoción de DBO y DQO posterior al tratamiento de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. empleando el consorcio de microorganismos.
- Determinar la cantidad adecuada del consorcio de microorganismos para la remoción de DBO y DQO de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación**

#### **1.3.1.1. Justificación Ambiental**

La presencia de diversos contaminantes en el recurso hídrico es un problema que interfiere en la salud y el ambiente, si bien existen tecnologías convencionales en el tratamiento de efluentes residuales, muchas veces incluye la generación de lodos con características de toxicidad, los cuales deben ser dispuestos adecuadamente para no generar un impacto negativo en el entorno. Uno de los métodos amigables con el ambiente es la aplicación de tratamientos biológicos, esta alternativa involucra una mejor biodegradación y minimiza la generación de lodos. El presente estudio permitió evaluar la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes, identificando una posible solución al problema de contaminación ambiental por la descarga de efluentes residuales sin tratamiento de las empresas lácteas al suelo o corrientes de agua en la localidad de Majes, debido a que la generación de estos, provoca la alteración de los parámetros físico químicos de los componentes ambientales. Se justifica porque se hizo el análisis y cuantificación de contaminantes reducidos. La obtención de resultados

contribuye con el aporte de nuevos conocimientos en cuanto a tratamientos biológicos, promueve una mejor calidad de vida y minimiza la contaminación.

#### **1.3.1.2. Justificación económica**

El tratamiento adecuado de aguas residuales reduce costos de post-operación, que son generados mayormente en los tratamientos convencionales debido a la generación de lodos, en comparación con los tratamientos biológicos que degradan cantidades considerables de materia orgánica minimizando la presencia de lodos, constituyendo una alternativa sostenible, adicionalmente se promueve el uso de tratamientos biológicos en efluentes residuales empleando microorganismos que se pueden encontrar en la naturaleza. Con la presente investigación, se pretende reducir costos en cuanto a la disposición de lodos, debido a que los tratamientos biológicos reducen la generación de estos, tomando en cuenta que los microorganismos consumen gran parte de la materia orgánica.

Asimismo, se impulsa el interés por las empresas que elaboran y comercializan consorcios de microorganismos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, incrementando las ventas de este sector como beneficio económico.

Según la OMS, la disponibilidad de agua de calidad también conduce a un menor gasto en salud, ya que las personas son menos susceptibles a las enfermedades, por lo tanto se reducen los costos médicos y pueden mantener mejor la productividad económica (1).

#### **1.3.1.3. Justificación social**

El presente estudio contribuye con la salubridad de la región de Majes, ya que el adecuado tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales promueve una calidad de vida adecuada para las personas que habitan esta zona, evitando que la descarga de efluentes en suelos y cuerpos hídricos que muchas veces son vectores generen la aparición de plagas, malos olores y enfermedades que pueden afectar la seguridad y salud de la población aledaña debido a los componentes que contienen estos excedentes residuales. Por lo tanto, un adecuado tratamiento de efluentes residuales permitiría el reúso de este recurso en las diferentes actividades

que desarrolla la población de esta localidad, como agricultura, ganadería, riego de parques, entre otros.

### **1.3.2. Importancia**

Según la OMS, el calentamiento global, el desarrollo industrial, el crecimiento demográfico y la urbanización, plantean nuevos desafíos a los sistemas de abastecimiento de agua. Para el 2025, se estima que la mitad de la población mundial en promedio, vivirá en lugares donde el agua escasea. La reutilización de aguas residuales para aprovechar este recurso se ha convertido en una estrategia importante.

Los países en desarrollo están incrementando el reúso de efluentes residuales para el riego, la cual representa el 7% de la tierra irrigada, esta práctica presenta riesgos para la salud, sin embargo, si se realiza una adecuada gestión y tratamiento de estos efluentes, pueden contribuir de manera favorable en las diferentes actividades. Una mala gestión de las aguas residuales municipales, industriales y agrícolas contamina el agua de la que beben cientos de personas, incrementando la demanda de atención en hospitales y centros médicos de salud (1).

En la región de Majes, existen pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de leche y sus derivados, los cuales presentan dificultades para tratar el agua residual, esto se debe a que no cuentan con servicio de desagüe. Los problemas ocasionados por la descarga de efluentes residuales sin tratamiento previo, generan efectos negativos en el ambiente, principalmente en suelos, ríos o cuerpos de agua cercanos a dichas empresas. Según el INEI, en el año 2019 hubo un incremento nacional de producción de leche y actividades ganaderas al 1.12 % en el sector agropecuario, por lo tanto, surge la necesidad de buscar alternativas para el tratamiento de excedentes líquidos residuales y mitigar la contaminación ambiental (8).

El agua residual generada en la producción de lácteos tiene gran importancia a nivel de contaminación, debido a que contiene elevada DBO, DQO, gran cantidad de sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, aceites y grasas, formando una barrera en la capa superficial de los cuerpos acuáticos, imposibilitando el desarrollo adecuado de los seres que habitan en este ecosistema. La DBO promedio se encuentra alrededor de 3000 - 4000 mg/L, mientras que el valor de DQO es de 1000-6000 mg/L, esta concentración puede variar dependiendo del proceso y del

producto a obtener, por lo mencionado anteriormente es importante tratar este tipo de efluentes antes de ser vertidos al alcantarillado, corrientes de agua o suelo (9). Se pretende dar una solución empleando métodos biológicos con el fin de minimizar la cantidad de materia orgánica contaminante presente. El uso de métodos biológicos, empleando bacterias, hongos, algas y enzimas contribuye a tratar este tipo de efluentes con métodos eco amigables, que se encuentran en la naturaleza y no son agresivos con el entorno.

Con la hipótesis sustentada en los resultados, se pueden realizar investigaciones más profundas acerca de este tipo de enzimas y bacterias, sus cualidades y los posibles beneficios en otros ámbitos.

#### **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

##### **1.4.1. Hipótesis General**

- Ho: el consorcio de microorganismos no es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.
- Ha: el consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.

##### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

###### **1.4.2.1. Hipótesis específica N° 01**

- Ho: todos los tratamientos aplicados para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúan igual.
- Ha: por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

###### **1.4.2.2. Hipótesis específica N° 02**

- Ho: todos los tratamientos aplicados para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúan igual.
- Ha: por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

## 1.5. Operacionalización de variables

**Tabla 1.** Operacionalización de variables de la investigación.

Tipos de variables		Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de Medida	Tipo de variables	Escala
Variable independiente	Consortio de microorganismos (enzimas y bacterias biodigestoras bzt)	Conjunto de enzimas y bacterias que consumen materia orgánica, son bacterias de tipo no patógenos, no tóxicos, son microorganismos benéficos, tanto aeróbicos como anaeróbicos.	Cantidad del consorcio de microorganismos (dosis)	Cantidad	g.	Cuantitativa Continua	Razón
Variable dependiente	Remoción de contaminantes (DBO y DQO) en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.	Es la materia orgánica que se encuentra presente en el agua residual y se genera debido a los diferentes usos de este recurso en el procesamiento de la leche, así como en la higienización de áreas y equipos.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Concentración inicial y final de DBO	mg/l	Cuantitativa Continua	Razón
			Demanda Química de Oxígeno	Concentración inicial y final de DQO	mg/l	Cuantitativa Continua	Razón

**Fuente:** *Elaboración propia*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

La tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de un tratamiento biológico aerobio mediante el uso de las bacterias *Pseudomona putida*, *Pseudomona mendocina* y *Hafnia alvei*, como alternativa de tratamiento para vertimientos líquidos de una industria láctea de la ciudad de Manizales”, tiene como objetivo la remoción de DBO, DQO y SST empleando bacterias. Fue un estudio de tipo y nivel exploratorio, experimental cuantitativo, la muestra estuvo conformada por lactosuero de una empresa láctea en Manizales, la metodología inició con la caracterización de parámetros iniciales del efluente lácteo, para posteriormente diseñar un sistema de tratamiento biológico en condiciones aeróbicas, incluyendo una trampa de grasa y reactores que fueron inoculados con las diferentes cepas para evaluar la eficiencia posteriormente. Los principales resultados fueron que la cepa *Pseudomona putida* demostró un buen desempeño en cuanto a la remoción de DBO en un 87.45%, DQO en 65.55% y SST en 57.37%. Se concluyó que, pese a obtener porcentajes positivos, no se logró llegar a los valores máximos según la normativa, adicionalmente se recomienda proponer tratamientos terciarios para mejorar la remoción de contaminantes (10).

La tesis titulada “Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual”, indica que la investigación tiene por objetivo analizar el comportamiento de los microorganismos en el proceso de tratamiento de efluentes residuales domésticos en una PTARD. Fue un estudio de tipo descriptivo y cualitativo, la muestra estuvo conformada por aguas residuales de origen doméstico en una planta de tratamiento de Bogotá que cuenta con 0.5 litros por segundo de caudal tipo REDFOX, el tratamiento funciona utilizando un sistema de lodos activos. El estudio pasó por fases: fase de diagnóstico, donde se tomó inicialmente una muestra del lodo activo y se determinaron los tipos de bacterias usando la tinción de gram, posteriormente se realizó una identificación de hongos a través de un microscopio con clave dicotómica; fase de ejecución, donde se realizaron evaluaciones del sistema de lodos y de los factores ambientales para adecuar las

condiciones óptimas en el desarrollo de microorganismos, también se efectuaron análisis fisicoquímicos al agua residual que sirvieron como control para caracterizar las condiciones iniciales y la carga contaminante que posee este tipo de agua residual, por último, la fase de evaluación, en la que se evaluaron las condiciones intermedias y finales en todo el proceso de desarrollo de los microorganismos en el reactor. Los principales resultados al contrastar los valores iniciales y finales en la caracterización de los parámetros DBO, DQO y STT, fueron que el uso de microorganismos tuvo una remoción del 79.8% de materia orgánica, optimizando el funcionamiento de la planta y efectuando el cumplimiento de la normativa, se concluyó que las bacterias identificadas como capaces de reducir la carga contaminante fueron las de tipo Gram y los hongos que se encontraron en el tratamiento fueron *Penicillium Fusarium* y *Aspergillus* (11).

La tesis titulada “Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria láctea”, tuvo por objetivo la evaluación de la eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR, de una industria de quesos, teniendo en cuenta la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. La muestra estuvo conformada por la PTAR de una empresa de producción de quesería en Holanda. Los parámetros analizados fueron pH, conductividad, nitrógeno total, sólidos totales, volátiles, fijos, sedimentables, aceites y grasas, los cuales fueron comparados en los puntos de entrada y salida de cada proceso en la planta. Los principales resultados demostraron que la PTAR es eficiente, obteniendo la remoción del 87 % de aceites y grasas y del 100 % de reducción en sólidos sedimentables. No obstante, la cantidad de aceites y grasas en las aguas residuales supera entre 8 y 11 veces los valores que indica la norma. Se concluyó que no cumple con lo establecido por la normativa sobre el parámetro en aceites y grasas, debido a que el efluente tuvo contacto con detergentes, provocando la emulsión de las grasas, así como la formación de espumas, dificultando su reducción en el sistema de tratamiento (12).

La tesis titulada “Propuesta de tratamiento de aguas residuales en industria láctea”, indica que el objetivo de estudio fue evaluar la reducción de los niveles de contaminación del agua residual en el sector industrial lácteo. La muestra estuvo conformada por efluentes de una industria láctea del distrito metropolitano de Quito, en el que se analizaron las descargas de una empresa

láctea. El tratamiento de efluentes residuales consistió en varias etapas: aireación y digestión de bacterias, por 24 horas; coagulación, floculación y finalmente filtración por grava fina. Sin embargo, se superaban los límites normados en el distrito de Quito, por lo tanto, se eliminó el suero de leche del efluente para ser aprovechado en otras actividades y se realizó el tratamiento mencionado nuevamente. Los principales resultados fueron la obtención de valores con parámetros por debajo de los límites máximos señalados en la normativa, logrando hasta el 95% de remoción en DBO y DQO, así como el 98% de reducción de sólidos suspendidos totales. Se concluyó que se logró respetar los límites máximos de la normativa 002-SA-2014 a través de la eliminación inicial de suero, pasando por aireación, mezcla de enzimas y bacterias, floculación, coagulación y filtración (13).

La tesis titulada “Depuración biotecnológica del suero lácteo empleando un sistema continuo mixto: anaerobio de lecho fijo - aerobio”, tiene como objetivo aplicar un biotratamiento al lactosuero, usando un sistema continuo mixto formado por un reactor en condiciones anaeróbicas de lecho fijo, así como un reactor aerobio tipo *airlift*, la muestra estuvo conformada por lactosuero de una industria de Oaxaca, donde se inocularon consorcios de microorganismos que tienen la facultad de usar este residuo como nutrientes y energía. El consorcio fue el resultado de tres fuentes de origen natural: muestra del suelo cercano a una empresa lechera conformada por el consorcio A, microorganismos que se encontraban en el suero conformado por el consorcio B y la mezcla de ambos conformada por el consorcio C, los cuales se adecuaron previamente en suero dulce durante 30 días en condiciones aerobias y anaerobias. Se escogieron los consorcios que mostraron mayor eficiencia en la reducción de contaminantes del lactosuero, a través del parámetro DQO. Los principales resultados fueron que el consorcio anaerobio A, actúa con el 45 % y el consorcio aerobio B, logró el 41 % de eficiencia; por último, se juntaron ambos reactores (aerobio y anaerobio) para probar el consorcio C. Se evaluó la influencia de la eficiencia en la remoción de DQO, teniendo como resultado el 75% de reducción, se concluyó que el uso de un sistema de tratamiento mixto con presencia de consorcios aerobios y anaerobios incrementó la eficiencia del tratamiento en comparación con los consorcios individuales (14).

Según el artículo de investigación titulado: “Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas”, el empleo de un conjunto de organismos *Versaklin* (formado por ácido acético y lácteo, bacterias aerobias, hongos, levaduras y azúcares), tienen el objetivo reducir la carga orgánica de los excedentes líquidos residuales en la localidad de Mayabeque - Cuba, este complejo de microorganismos, es amigable con el medio ambiente pues no son nocivos, ni patógenos. Se aplicó el producto y se hizo el seguimiento pasada las 24 y 48 horas después de haber vertido *Versaklin* en 10 puntos obteniendo como resultado la remoción de DBO, DQO y OD, así como microorganismos patógenos presentes en el efluente, demostrando que el producto, sí logra disminuir la materia orgánica de forma inmediata al transcurrir las primeras 24 horas de aplicación. Los principales resultados fueron la remoción de DBO, DQO y OD, así como de microorganismos patógenos presentes en el efluente, demostrando que el producto disminuye contaminantes de manera inmediata al transcurrir las primeras 24 horas después de su aplicación, concluyendo que el producto *Versaklin*, tiene la capacidad para degradar la materia orgánica en aguas residuales (15).

El artículo de investigación titulado: “Biological treatment of dairy wastewater using activated sludge”, indica que su objetivo fue evaluar el desempeño del tratamiento biológico de agua residual de la industria láctea a escala laboratorio y detallar los parámetros cinéticos del proceso de lodos activos. Se utilizó un reactor con aireación y un decantador, el tratamiento fue desarrollado durante tres meses probando en tiempos de retención hidráulica de 2 a 12 días. Posteriormente se determinaron en tiempos diferentes los parámetros SST, DBO de licor mixto del tanque de aireación para obtener los datos para los coeficientes cinéticos. El resultado principal fue la obtención de coeficientes, los cuales pueden ser utilizados para desarrollar el diseño de lodos activados empleados en el proceso de tratamiento de efluentes lácteos. Se concluyó que el proceso de lodo activado, tiene mejores resultados en 5 días de retención, con una eficiencia de remoción de DBO del 95 % para efluentes lácteos, la determinación de coeficientes, es útil en la comprensión de la cinética del sustrato y también en el diseño de las instalaciones del biotratamiento (16).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

La tesis titulada: “Eficiencia de un sistema de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea de Cajamarca”, tuvo como objetivo presentar un tratamiento para remover la DBO de manera eficiente. Fue un estudio experimental, la muestra la conformaron los efluentes residuales que pertenecen a la empresa láctea Huacariz - Cajamarca. El proceso se inició empleando cuatro biorreactores con una capacidad de 10 L y una aireación constante por un periodo de 10 días hasta conseguir el lodo activo, el cual fue almacenado en matraces para luego, agregar residuos que alimenten a los estreptococos de clasificación *gram* positivos y levaduras. El proceso experimental se llevó a cabo en cuatro días, agregando el lodo activo a los cuatro reactores el primer día, se repitió el proceso 16 veces hasta obtener valores. Los principales resultados fueron valores de remoción de DBO del 80 %, los valores finales se encontraban dentro de la normativa ambiental vigente. La investigación concluye que, el sistema de lodos activos demostró efectividad al descontaminar los efluentes lácteos (17).

La tesis titulada: “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja”, indica que el estudio tiene como objetivo establecer los efectos de los microorganismos eficientes al tratar agua y lodos residuales de la PTAR. Fue un estudio de tipo experimental descriptivo, pre - experimental, la población estuvo conformada por los puntos detallados en el plan de monitoreo de la PTAR - Jauja y por la calidad del efluente residual doméstico. La muestra de la investigación estuvo formada por dos puntos del efluente residual y 4 puntos de lodo del sistema de tratamiento. Una vez activados los microorganismos eficaces se evaluó el efecto a los 0, 30, 60 y 90 días posteriores a la aplicación, evaluando los parámetros DBO, DQO, SST, coliformes termotolerantes, pH, temperatura, olor, color, aceites, grasas y lodo residual. Los principales resultados reflejan que los microorganismos son eficientes al tener efectos de reducción en los parámetros DQO, DBO, SST y olor a los 90 días después de aplicar el tratamiento, contribuyendo a mejorar la calidad y condiciones físicas, químicas y biológicas de los efluentes residuales, sin embargo, no se logró la reducción de coliformes termotolerantes y SST según la normativa DS N° 003-2010-MINAM, mientras que, el efecto de los microorganismos eficientes en el lodo residual demuestran que los valores de coliformes termotolerantes, aceites y grasas disminuyeron, asimismo el pH logró

estabilizarse, cumpliendo con la normativa mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Se concluyó que, los parámetros que obtuvieron una mayor remoción de contaminantes después de aplicar los microorganismos fueron aceites y grasas con el 97.60 % y coliformes con el 99.55 % (18).

La tesis titulada: “Influencia de los microorganismos eficaces (em) en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Huancavelica en el 2020”, indica que la investigación tiene por objetivo, la evaluación de la influencia de los microorganismos eficaces (EM) a partir del tratamiento de excedentes líquidos residuales domésticos en el distrito de Huancavelica. Fue un estudio de tipo aplicado y experimental, la población estuvo conformada por el efluente residual doméstico en el distrito de Huancavelica 20 m<sup>3</sup>/s. La muestra fue de tres litros de aguas residuales domésticas con muestreo no probabilístico. Previamente, se realizó la activación de los EM para posteriormente ser aplicados en el tratamiento de efluentes. Por 3 meses se evaluaron los parámetros a los 0 - 32 - 62 y 90 días para evaluar la eficiencia de los microorganismos en la mejora de la calidad del efluente residual, teniendo en cuenta los parámetros DQO, pH y temperatura. Los resultados fueron positivos en la reducción de contaminantes de aguas residuales en los recipientes N° 2 y 3 el primer mes, con una reducción de DQO de hasta el 44.75 % y 39.95 % respectivamente. En el primer mes también se obtuvo la mayor eficiencia en los 3 recipientes, se concluyó que los microorganismos tienen la capacidad de reducir la carga orgánica DQO, en gran parte los primeros días de tratamiento (19).

La tesis titulada: “Evaluación del impacto ambiental del lactosuero generado en la línea de producción de quesos de la planta de lácteos Huacariz alternativas de mitigación Cajamarca, Perú 2016”, tuvo como objetivo, realizar la evaluación de los impactos ambientales de una empresa importante del rubro industrial lácteo en Cajamarca *Planta de Lácteos Huacariz*. Fue un estudio de tipo aplicado, considerando un corte transversal y de nivel descriptivo, la población está conformada por el lactosuero generado en las plantas de proceso de lácteos en el distrito de Cajamarca, la muestra de la investigación fue el lactosuero generado en la planta de producción de lácteos Huacariz. Se consideró la importancia del consumo del recurso hídrico y energía, también la generación de aguas residuales caracterizadas por la carga orgánica contenida, teniendo como principal contaminante ambiental al lactosuero. Los principales resultados fueron que, el

suero es vertido sin tratamiento al alcantarillado público y descargado en los ríos, aumentando la carga de contaminantes en este sistema. Se concluyó que existen propuestas tecnológicas limpias que pueden aplicarse con el fin de promover la minimización de contaminantes generados en la planta, también se resaltan las tecnologías limpias para el aprovechamiento del suero teniendo en cuenta que contiene un porcentaje considerable de materia orgánica que puede ser aprovechada potencialmente en otros procesos (20).

La tesis titulada: “Uso de microorganismos eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la industria láctea”, plantea como objetivo, mejorar la calidad de aguas residuales del sector industrial lácteo empleando microorganismos eficaces que cumplan con la reducción de DQO, SST, pH, nitrógeno amoniacal, aceites y grasas. Fue una investigación de tipo experimental, la población estuvo conformada por los efluentes líquidos residuales de la industria láctea, la muestra estuvo conformada por 160 litros de aguas residuales, los parámetros evaluados fueron contrastados con los valores máximos admisibles logrando cumplir con la normativa. El diseño experimental se realizó con tres tratamientos y tres repeticiones, se probaron concentraciones al 1 %, 2 % y 3 % en 10, 20 y 30 días respectivamente. Los resultados a los 30 días de iniciar el tratamiento fueron que, la remoción más representativa pertenece a la concentración del 2% con valores de 884 mg/L de DQO, 488 mg/L en SST, 6.74 de pH, 67 mg/L de nitrógeno amoniacal, 83 mg/L de aceites y grasas. Se concluyó que a menor concentración en cuanto a dosis, mejora la efectividad de degradación de contaminantes debido a que los microorganismos no se saturan (21).

La tesis titulada: “Influencia del pH y tiempo, en el tratamiento de efluentes de pelambre curtiduría Orión S.A.C de Trujillo, usando enzimas Boss Tech”, menciona que la investigación tiene como objetivo la evaluación de la influencia del tiempo y pH en el tratamiento de aguas residuales de pelambre, empleando enzimas bacterias bio digestoras *Boss Tech*. Fue una investigación de tipo experimental, la población estuvo conformada por el agua residual de pelambre de la curtiduría, la muestra fue el agua residual de pelambre tomada de enero a julio. Los efluentes fueron sometidos a diferentes niveles de pH inicial de 7, 10 y 13 y diferentes niveles de tiempo de 3, 5, 7 y 10 días. Se realizó la caracterización de parámetros iniciales previo al tratamiento, para posteriormente evaluar el porcentaje de remoción de los parámetros DQO, DBO y sulfuros empleando una

dosificación de 0.8 g/L del consorcio a pH 7,10 y 13 en periodos de tiempo de 3, 5, 7 y 10 días, obteniendo como condiciones óptimas emplear un pH de 13. Se evaluaron también diferentes dosis de 0.4 g/L, 0.8 g/L, 1.6 g/L y 3.2 g/L en niveles de tiempo de 3, 5, 7 y 10 días, obteniendo 1.6 g/L y 10 días como dosificación y tiempo de tratamiento óptimo respectivamente. Los principales resultados demostraron una remoción del 91.66 % de DQO con 1660.60 mg/l, 89.51 % de remoción de DBO5 con 1056.50 mg/l y 89.98 % de sulfuros con 49.90 mg/l, se concluyó que el tiempo y pH son eficientes en la remoción de contaminantes conformada por los parámetros mencionados anteriormente en la etapa de pelambre de la industria curtiembre (22).

La tesis titulada: “Remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes de las aguas residuales con microorganismos nativos aislados de la Planta de Tratamiento de covicorti”, tuvo como objetivo la evaluación de la reducción de la carga orgánica y coliformes termotolerantes de aguas residuales. Fue un estudio de tipo experimental, la muestra fueron las aguas residuales de la PTAR de covicorti, inicialmente, se realizó el aislamiento y selección de cultivo de lodo de la planta, se implementaron seis biorreactores con 2.6 litros de aguas residual, 3 se inocularon con bacterias, un biorreactor con *Bacillus licheniformis*, otro biorreactor con *Streptomyces sp* y el tercer biorreactor con ambas bacterias. Se evaluó la remoción de materia orgánica desde el día 0, 5, 10 y 15 considerando el parámetro DBO y coliformes termotolerantes. Los resultados fueron que: el *Bacillus licheniformis*, logró la remoción del 74.77 % de materia orgánica y un 99.69 % de coliformes termotolerantes; las bacterias de la especie *Streptomyces sp*, obtuvieron una remoción del 72.09% y 100 % en cuanto a materia orgánica y coliformes, por último, el consorcio formado por ambas bacterias logró la remoción del 83.64 % de materia orgánica, así como el 100 % de coliformes. Se concluyó que con el uso del consorcio de bacterias en el tratamiento de aguas residuales se obtiene una mayor reducción de materia orgánica y coliformes termotolerantes (23).

### **2.1.3. Antecedentes regionales y locales**

La tesis titulada: “Diseño y construcción de un reactor biológico secuencial (SBR) para el tratamiento de aguas residuales lácteas procedentes de la planta agroindustrial del Perú S.A.C”, indica que el estudio tiene como objetivo diseñar y poner en funcionamiento un Reactor Biológico Secuencial con etapas de

llenado, agitación por aireación, sedimentación de lodos y vaciado de agua tratada. Fue un estudio de tipo experimental, la muestra estuvo conformada por el agua residual láctea de la planta agroindustrial del Perú, previo al tratamiento se tomaron pruebas para observar la composición de los enjuagues del efluente residual lácteo, se tomaron en cuenta los parámetros: proteína, sólidos totales, grasa, densidad, lactosa, punto de congelación, temperatura y pH.

En la depuración del agua residual se utilizó lodo microbiológico extraído de la poza de desagüe de la planta, activado previamente en un proceso que duró 7 días, identificando la presencia de la familia de *enterobacterias* (*bacterias Gram negativas*). Los principales resultados fueron que al tratar el agua residual en el reactor biológico secuencial a 25° C se obtuvo una eficiencia del 51 % mientras que, a 37° C, se obtuvo el 37 % de eficiencia.

Los resultados se compararon con el D.S N° 002-2008-MINAM, alcanzado valores permisibles en parámetros como alcalinidad, pH, cloruros y microbiológicos, sin embargo, se obtuvieron valores de 393 mg/L para DBO y 1721 mg/L para DQO, los cuales no se encontraban dentro de la normativa, se concluyó que es posible lograr el diseño y construcción del reactor SBR de manera eficiente, para el tratamiento de efluentes residuales lácteos originados en los enjuagues a los tanques y procesos de producción en la planta (24).

La tesis titulada: “Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL 2019”, plantea como objetivo la evaluación del impacto ambiental originado por la industria de lácteos Tinajani E.I.R.L. Fue una investigación de tipo aplicada, no experimental, la población está conformada por el conjunto de insumos adquiridos y la producción general de la empresa derivados lácteos Tinajani de junio a diciembre. La muestra fueron 6900 kg de queso tipo artesanal producido en los meses de junio a diciembre, la investigación demostró que el impacto ambiental generado por la descarga del lactosuero, perjudica el entorno ambiental donde se encuentra ubicada la empresa. Para medir tales impactos ha empleado la observación y evaluación de variables ambientales. Los resultados indican que las pérdidas de materia prima, subproductos y aguas de limpieza empleadas en la desinfección de equipos en las diferentes etapas del proceso industrial son las fuentes más relevantes de generación del agua residual, la cual contiene elevada carga de fosfatos, sólidos suspendidos, DBO5, DQO, aceites y grasas, se concluyó que los aspectos ambientales de mayor consideración

tomados en cuenta para el análisis fueron, los vertimientos, generación de emisiones, residuos sólidos y ruido (25).

La tesis titulada: “Tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea mediante el proceso de electrocoagulación”, tiene por objetivo evaluar la electrocoagulación como tratamiento del efluente residual de la industria láctea, fue un estudio de tipo experimental, la muestra fueron 10 litros de agua residual de la empresa láctea Ecolac. Se planteó el diseño y construcción de un reactor para realizar el proceso de electrocoagulación, obteniendo la densidad adecuada para aplicarla dentro del proceso de tratamiento, adicionalmente, el tiempo de reacción del proceso se determinó a través de la evaluación de las variables de respuesta: sólidos suspendidos totales, conductividad, turbidez y pH. Los resultados muestran que, empleando la electrocoagulación para tratar aguas residuales se obtuvieron resultados de remoción de SST y turbidez con una eficiencia promedio del 95 %, la eficiencia de dichos valores se dio estableciendo la densidad de corriente al aplicar, con valores de 116.7 A/cm<sup>2</sup> por un periodo de 25 min, a lo largo del proceso de tratamiento, se observó una reducción de 475uS/cm en cuanto a conductividad y una variación de pH entre 4.02 a 12.10, se concluyó que la mayor eficiencia se relaciona con la cantidad de intensidad de corriente en un área efectiva, las densidades de corriente aplicadas variaron entre 76.2 A/cm<sup>2</sup> a 116.7 A/cm<sup>2</sup>, teniendo como densidad óptima 116.7 A/cm<sup>2</sup> de densidad de corriente (26).

La tesis titulada: “Uso de microorganismos eficientes para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una embotelladora de bebidas carbonatadas y jugos en Sachaca”, tiene como objetivo, usar microorganismos en el tratamiento de efluentes residuales de una empresa dedicada a embotellar bebidas y jugos. Fue un estudio de tipo experimental, la muestra estuvo conformada por las aguas residuales generadas en las diferentes actividades que se desarrollan en la planta embotelladora. Según la metodología, se caracterizaron los parámetros iniciales, para luego usar microorganismos, evaluar su capacidad para adaptarse al medio y analizar el crecimiento. Así mismo se evaluaron diferentes dosis y periodos de exposición para medir los parámetros nuevamente y contrastar la reducción de contaminantes, así como la eficiencia de los microorganismos usados en los efluentes residuales tratados. Los parámetros que se tomaron en cuenta para lograr el objetivo fueron DBO, DQO, temperatura y pH, para ser contrastados con los

Valores Máximos Admisibles, también se analizó la conductividad eléctrica, coliformes totales y grados *brix* para evaluar si existe algún cambio en estos parámetros. Los resultados demostraron que, por un periodo de 20 días hubo una eficiencia del 79.51 % de remoción de DBO con valores de 318 mg/L, en cuanto a DQO hubo una eficiencia del 49.01 % con valores de 903 mg/L. En cuanto a los parámetros coliformes fecales, conductividad, pH y grados *brix*, se obtuvo una disminución en función a la cantidad y tiempo de exposición, se concluyó que este método biológico logró transformar y reducir los valores iniciales de DBO y DQO del efluente sometido a tratamiento (27).

La tesis titulada: “Propuesta de un sistema de tratamiento biológico para agua residual no doméstica de centro comercial de Arequipa”, tiene como objetivo establecer un sistema de tratamiento biológico para el efluente residual no doméstico de un comercio en Arequipa y verificar si el tratamiento es eficiente a escala laboratorio. Fue un estudio experimental, la muestra fue el excedente líquido residual no doméstico de un comercio en Arequipa, se evaluaron los parámetros DBO, DQO, SST, aceites y grasas considerando los Valores Máximos Admisibles. Según la metodología empleada, inicialmente se desarrolló el sistema de lodos activos con el aislamiento de las bacterias que se encontraban en el efluente, para continuar con la inoculación. Así mismo se ejecutó la toma de muestra inicial del efluente residual para analizar y caracterizar los parámetros, obteniendo los valores de 1359 mg/l en DBO, 2708.74 mg/l en DQO, 890.57 mg/l en SST, 486 mg/l en aceites y grasas. Los resultados indican que, posterior al tratamiento empleando bacterias se obtuvo la reducción de la carga orgánica definida por los parámetros DBO con 68.43 %, DQO con valores de 83.74 %, SST con el 95.96 %, aceites y grasas con valores de 93 % de remoción. Se concluyó que el tratamiento biológico obtuvo el 73 % de eficiencia en el proceso de tratamiento del efluente no doméstico, generado en un centro comercial ubicado en la ciudad de Arequipa (28).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Industria Láctea**

Es el conjunto de empresas dedicadas a las actividades productivas de leche y derivados, según Valencia y Ramírez, este sector industrial, genera gran cantidad de efluentes residuales, que se caracterizan por contener leche diluida, suero de leche, aceites, grasas, nitrógeno, sólidos suspendidos y detergentes, por lo tanto,

la descarga sin tratamiento de estas aguas residuales genera en focos infecciosos contaminantes (29).

### **2.2.2. Agua Residual**

Según OEFA en la guía de fiscalización ambiental de aguas residuales afirman que: “Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (30).

Los efluentes se producen por el consumo del agua en las diferentes actividades que desarrolla el ser humano para satisfacer sus necesidades, es decir aquellos efluentes descargados como desechos o excedentes líquidos posterior al empleo en alguna actividad industrial (31).

### **2.2.3. Tipos de Agua Residual**

Según OEFA existen básicamente 3 tipos de aguas residuales:

#### **2.2.3.1. Agua residual doméstica**

Aquellas de origen comercial y residencial, resultan del uso en las diferentes actividades diarias con fines de aseo personal, limpieza de espacios, con residuos humanos los que son descargados en la red pública de alcantarillado a través de instalaciones hidráulicas, entre otros (32).

#### **2.2.3.2. Agua residual municipal**

Son todos los líquidos excedentes domésticos que pueden haberse mezclado con aguas residuales de drenaje pluvial o con efluentes residuales industriales, que han sido tratados para ser descargados en el sistema de alcantarillado de tipo combinado. El agua residual que no es vertida a la red de alcantarillado se descarga sin tratamiento a los cuerpos de agua superficiales o son usadas en el riego de cultivos, representando un riesgo para la salud y el ambiente (30).

#### **2.2.3.3. Agua residual industrial**

Este tipo de efluentes se genera en el desarrollo de diferentes procesos productivos, incluyendo actividades mineras, agroindustriales, agrícolas, que pueden contener contaminantes químicos orgánicos y/o inorgánicos (30), entre otras sustancias tóxicas que al entrar en contacto con el entorno ambiental ocasionan contaminación.

### 2.2.3.3.1. Agua residual láctea

Es el resultado del uso del agua en la producción de lácteos y derivados, este líquido contiene elevada materia orgánica, ocasionando la alteración de los parámetros característicos del agua y suelo, provocando la incorporación de sustancias contaminantes que perjudican el bienestar y la calidad de vida de los seres vivos y su ecosistema (33). El líquido excedente generado en esta industria se encuentra formado por diluciones de leche, suero, proteínas, aceites y grasas, por lo tanto, poseen un pH neutro o ligeramente alcalino, pero pueden llegar a ser ácidos debido a la fermentación del azúcar de la leche al pasar el tiempo (34). A continuación, se describen las principales fuentes de generación.

**Tabla 2.** Clasificación de las fuentes de generación de agua residual

Fuente	Descripción	Características
Recepción de la materia prima (leche), limpieza e higienización.	Limpieza de áreas y superficies, equipos, tanques, rebose de líquidos, pérdidas de producto.	Gran contenido orgánico (DQO, DBO), pH elevado, sólidos en suspensión, aceites y grasas.
Procesamiento, producción y elaboración.	Presencia de lactosuero, fermentos, condensados y salmuera.	Elevada conductividad, incremento de la temperatura.

**Fuente:** *Tabla extraída del Ministerio de Medio Ambiente España, 2002 (35).*

Según el Ministerio del Ambiente España, las principales características que presentan los efluentes de agua residual láctea son:

- Contenido elevado en materia orgánica, por la composición de la leche. La DQO promedio para los efluentes residuales de este tipo de industria oscilan entre 1000 y 6000 mg/l.
- La presencia de grasas y aceites se debe a los componentes que conforman la leche y derivados lácteos.
- Altos niveles de nitrógeno y fósforo como resultado del uso de materiales de limpieza y esterilización.

- El cambio de pH con valores de 2-11, la liberación de soluciones básicas y ácidas resultantes de procesos de limpieza.
- Elevada conductividad (principalmente en las industrias productoras de queso debido a la sal empleada).
- Variaciones de temperatura debido a las aguas de refrigeración. (35)

Adicionalmente las pérdidas de leche contribuyen al aumento de la carga orgánica del agua residual.

## **2.2.4. Caracterización del agua residual**

### **2.2.4.1. Organolépticos**

#### **a) Color**

Según Melo en su investigación menciona que, el agua puede tomar un color aparente característico de acuerdo a los materiales suspendidos y disueltos. El color real se logra eliminando la turbidez del agua (34).

#### **b) Olor- Sabor**

Es la característica referente a la descomposición de compuestos orgánicos e inorgánicos presente en el efluente residual (34).

### **2.2.4.2. Físicos**

#### **a) Temperatura**

Según Mosquera, este parámetro influye en las reacciones químicas, vida acuática y tratamientos de aguas residuales. Se debe tener en cuenta este parámetro porque el oxígeno tiene menos solubilidad a temperaturas altas (36).

A mayor temperatura la digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden (cuando llega a los 50° C y bajo los 5° C). El oxígeno es más soluble en agua fría, por ello el incremento violento de la temperatura puede motivar a una gran proliferación de algas y hongos (37).

#### **b) Turbidez**

Acebo y Hernández afirman que, la turbidez indica la presencia de partículas suspendidas que no permiten la clarificación del agua. Es la disminución de la claridad de un líquido producido por la aparición de partículas insolubles de material distinto al del agua. Debido a que es un parámetro de apariencia óptica, solo puede ser medido empleando técnicas ópticas (38).

Este parámetro es importante para determinar la calidad del agua en los diferentes usos y consumo. El agua turbia no solo tiene un aspecto negativo estéticamente, también es una señal de contaminación por microorganismos y compuestos tóxicos, por lo tanto, presenta cierta dificultad en el tratamiento (39).

**c) Sólidos totales, suspendidos y disueltos**

Este parámetro permite conocer la porción de contaminantes orgánicos disueltos en el efluente. Según Santamaria et al. en su investigación mencionan que, “los sólidos disueltos son el material soluble y coloidal, el cual requiere casi siempre para su remoción, oxidación biológica o coagulación y decantación. Los sólidos suspendidos o no disueltos son la diferencia entre los sólidos totales de la muestra filtrada y los sólidos de la muestra filtrada y los sólidos totales clasifican toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos” (37).

Según Sigler y Bauder indican que, los sólidos disueltos es la materia medida en una muestra de agua, usualmente tiene un tamaño inferior a 2 micrómetros y no se puede eliminar con un filtro convencional, los sólidos disueltos son la suma de todos los metales, minerales y sales disueltas en el agua (40).

**d) Conductividad**

Este parámetro se caracteriza por ser la expresión numérica de la conducción eléctrica, que se da a cuenta de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas o sales solubles en el agua o efluente y de la temperatura (37).

Mide la concentración de iones en la solución, la conductividad es la medida de la actividad iónica que transmite electricidad (41).

**2.2.4.3. Químicos**

**a) Potencial Hidrógeno pH**

Santamaria et al. en su investigación afirman que, “Este parámetro es comúnmente usado para describir la intensidad de la condición ácida o alcalina de una determinada solución, en las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos el pH debe mantenerse dentro de un intervalo soportable para los organismos” (37).

Lopez y Sanchez mencionan que, el rango de pH apropiado para la presencia de vida biológica es corto, generalmente entre 5 y 9. Los excedentes residuales con valores inferiores a 5 y superiores a 9 son de características complejas, lo cual complica su tratamiento a través de procesos biológicos (42).

**b) Demanda química de oxígeno DQO**

Este parámetro se encarga de medir el material orgánico presente en una muestra o porción líquida a través de la oxidación química. Santamaría et al. en su investigación afirman que, la demanda química de oxígeno “mide la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica presente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante” (37).

Menéndez y Dueñas indican que la demanda química de oxígeno es una variable muy útil para determinar la biodegradabilidad del material orgánico presente en el agua residual (43).

**c) Demanda bioquímica de oxígeno DBO**

Según Metcalf y Eddy, la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto empleado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica. Cuando hay una cantidad disponible de oxígeno, ocurre la descomposición biológica aeróbica del desecho orgánico hasta que se consume completamente (44).

Al respecto, Santamaria et al. indican que, “si la DBO es elevada hay una gran fuente de nutrientes, cuando existe DBO muy alto el cuerpo de agua receptor no es capaz de disolverlo hasta llegar a un nivel seguro y el oxígeno disuelto baja de manera que los seres vivos que se desarrollan en este ecosistema acuático mueren por asfixia” (37).

**d) Oxígeno disuelto**

En el informe de Corponor, indican que el oxígeno disuelto desarrolla una importante función en el agua, debido a que es de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática y microorganismos, aceptando concentraciones de 5 mg/L y concentraciones por debajo de 3 mg/L pueden ser fatales para los animales (45).

**e) Aceites y grasas**

Según Melo, los aceites y grasas constituyen lípidos importantes, dado que estos compuestos actúan como alimento para las bacterias, porque se descomponen en ácidos grasos y alcohol, los valores de este parámetro determinarán la necesidad de pretratamiento, la degradación del agua residual y la eficiencia del método de tratamiento (34).

Santamaria et al. indican que los aceites y grasas forman parte de uno de los problemas más importantes en la disposición de lodos en el suelo. Alteran el intercambio de oxígeno del agua a las células y obstaculizan su desempeño dentro del proceso de tratamiento biológico aeróbico. La ruptura o fragmentación de las emulsiones aceitosas pueden necesitar acidificación o añadir coagulantes para facilitar el proceso (37).

**f) Nitrógeno**

Es un parámetro de importancia en el área ambiental puesto que tiene participación en los procesos vitales de animales y plantas. La composición química de este elemento es complicada por la variedad de estados que puede tomar, así como los cambios en la valencia que pueden ser originados por los organismos vivos presentes en el entorno (37).

Según la investigación de Álvarez, Pereda, Carta, Romero y Duran, en la etapa de nitrificación ocurren dos reacciones: primero la oxidación del amonio a nitrito y la segunda donde el nitrito se oxida a nitrato. Estos procesos tienen lugar simultáneamente, pero a ritmos diferentes. Los factores que afectan la nitrificación son el pH, el oxígeno disuelto y la concentración de fosfato (46).

**g) Fósforo**

Teixeira et al. afirman que, el fósforo está presente en efluentes residuales, generalmente domésticos, debido a que el uso de detergentes influye en la presencia de este parámetro, las heces (3 - 5.4 %) y orina humana (2.5 - 5 %) constituyen parte del óxido de fósforo (47).

#### **2.2.4.4. Biológicos**

Miden la calidad del recurso hídrico, en base a los organismos que lo habitan (48). Entre las bacterias más representativas, se encuentra la *Escherichia Coli*, común en restos fecales, al igual que la presencia de Coliformes, los cuales indican contaminación por desechos humanos.

#### **2.2.5. Impacto ambiental del agua residual láctea**

##### **2.2.5.1. Ambiente**

Este tipo de agua residual posee un pH neutro o alcalino, pero puede cambiar a ácido rápidamente dado que la leche contiene trazas de azúcar que se fermentan, provocando la alteración y contaminación de los componentes ambientales con los que entra en contacto debido al exceso de materia orgánica.

Gonzalez y Chiroles, afirman que: “cada día, dos millones de toneladas de desechos se vierten en los canales. Desde el año 1990 han desaparecido el 50 % de los humedales del mundo, así como una gran cantidad de diversas especies de peces, pájaros y mamíferos” (49).

Las aguas residuales, al ser descargadas sin previo tratamiento, provocan:

- Alteración de los parámetros que caracterizan la calidad en los cuerpos receptores acuáticos entre ellos: DQO, DBO, OD, nitratos, fósforo, SST.
- Reducción de la capacidad autodepurativa de los cuerpos de agua.
- La saturación por desechos impide el uso de este recurso en las actividades de agricultura y pesca de la zona, afectando la economía de la población.
- Calidad desfavorable de agua para su consumo.
- La eutrofización debido al uso de detergentes en la higienización y limpieza de las instalaciones de la industria.
- Deterioro del ecosistema acuático, flora y fauna albergados en la zona de descarga.

##### **2.2.5.2. Salud**

El reaprovechamiento de efluentes residuales en la agricultura, así como la acuicultura puede traer muchos beneficios, pero si su uso no tiene un control puede ser dañino para el hombre.

La suma importante de organismos microbiológicos que puede contener este tipo de agua, fomenta el brote de enfermedades o infecciones siendo los niños y ancianos los más afectados.

Por ello, se deben plantear estrategias para una adecuada recuperación de dichos efluentes residuales mediante tratamientos efectivos y ambientalmente amigables. El utilizar aguas residuales en la agricultura, contribuye al aporte de nutrientes en la siembra de frutos y vegetales. Sin embargo, se corre el riesgo de la transmisión de patologías intestinales en agricultores y consumidores debido a la presencia de diferentes bacterias, tales como *Escherichia coli* presente en el agua residual.

Las vías de exposición y transmisión de contaminantes son:

- El contacto con el efluente residual al momento del riego de las cosechas en agricultores, familia y vendedores.
- Consumo de frutos o vegetales contaminados al momento de ser regados con efluentes residuales.
- Beber agua contaminada por infiltración o escorrentía de aguas residuales tanto en cuerpos superficiales como subterráneos.
- Consumo de productos de animales que han tenido contacto directo con el agua residual.

## **2.2.6. Tratamiento de agua residual láctea**

Es el conjunto de pasos sistemáticos, empleando procesos químicos, físicos y biológicos con la intención de eliminar o minimizar los contaminantes que poseen los efluentes residuales que son descargados al alcantarillado (50). Respecto a los efluentes residuales industriales, existen gran cantidad de tratamientos según las características que presenten.

### **2.2.6.1. Pretratamiento**

Antes de empezar cualquier método de remediación, el efluente debe ser apto para empezar el tratamiento físico químico o biológico, para ello se sugiere pasar por un pretratamiento empleando una trampa de grasas para separar grasas y aceites, de esta manera obtener mejores resultados de remoción de contaminantes, es conveniente también realizar la homogenización del agua residual, el ajuste de pH y la aplicación de tamices para una separación correcta de sólidos sedimentables o de tamaño considerable (51).

#### **2.2.6.2. Tratamiento primario**

El tratamiento físico y químico ayuda a separar el aceite y la grasa, así como los sólidos en suspensión por flotación con burbujas de aire que van desde 30 a 50 micras de tamaño. Se requiere un coagulante y floculante como el cloruro férrico, para eliminar químicamente el fósforo (ortofosfato) (52).

#### **2.2.6.3. Tratamiento secundario**

Los tratamientos biológicos permiten la eliminación de nutrientes (nitrito, nitrato, entre otros) mediante la nitrificación y desnitrificación, se emplea la tecnología MBBR encargada de reducir la cantidad de demanda química de oxígeno presente en el agua residual (52).

#### **2.2.6.4. Tratamiento terciario**

En esta última etapa, es posible emplear membranas para obtener un efluente tratado de calidad, el carbón activado es otra opción para reducir olores y color para pasar al proceso de desinfección (52).

### **2.2.7. Tipos de tratamiento de agua residual**

#### **2.2.7.1. Tratamientos físico - químicos**

Constituido por los procesos de coagulación - floculación, estos procesos son adecuados para eliminar partículas, adicionalmente pueden eliminar patógenos asociados a estas, contribuyendo con la mejora de la calidad del agua y la salud (53).

#### **2.2.7.2. Tratamientos biológicos**

Son una serie de procesos y métodos donde emplean variedad de microorganismos, con el fin de reducir o eliminar la cantidad de componentes contaminantes del agua. Dichos procesos utilizan la capacidad de asimilación de materia orgánica y de nutrientes (nitrógeno y fósforo) por parte de los microorganismos para su desarrollo. En la reproducción, se adicionan entre ellos y crean flóculos macroscópicos con la masa crítica apta para decantar en un periodo de tiempo moderado (9). Este tipo de tratamiento a la vez se divide en 2 tipos dependiendo del metabolismo celular de las bacterias:

- **Sistemas aerobios:** tiene como requisito la presencia del oxígeno, pues si existe este, también habrá presencia de bacterias, el oxígeno actúa como factor determinante del desarrollo y rendimiento energético de las bacterias, formando lodos o fangos.

- **Sistemas anaerobios:** se caracteriza por la inexistencia de oxígeno, por lo tanto, las bacterias de este tipo de sistema son intolerantes a este componente atmosférico, la materia orgánica sirve de fuente de carbono dando como resultado la producción de biogás junto con el metano. Este sistema es el más recomendado dentro de los tratamientos biológicos, por la poca generación de lodos y el aprovechamiento del biogás.

#### A. Indicadores de remoción de carga orgánica en aguas residuales.

Debido a la existencia de sólidos en el agua residual generada en la producción de lácteos, se da la presencia de contenido orgánico, DQO y DBO considerables (34).

**Tabla 3.** *Indicadores de remoción de carga orgánica.*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	“Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación” (54).
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	“Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua.” (54)

**Fuente:** *Información extraída de Induanalisis (54).*

## B. Biodegradabilidad de aguas residuales

La biodegradabilidad de los efluentes residuales se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = DQO/DBO$$

**Tabla 4.** *Biodegradabilidad de Aguas residuales*

<b>Nivel de Biodegradabilidad</b>	<b>Muy biodegradable</b>	<b>Biodegradable</b>	<b>Poco biodegradable</b>
<b>Rango de Biodegradabilidad</b>	< 1.5	1.5 - 10	>10
<b>Tipo de tratamiento</b>	Indica que el agua residual es muy degradable a través de un tratamiento biológico.	Indica que el agua residual es moderadamente biodegradable, permite evaluar la posibilidad de emplear un tratamiento biológico.	Indica que el agua residual es poco degradable, por lo tanto se debe aplicar un tratamiento físico químico.

**Fuente:** *Adaptada de Melo, 2018 p.7. (34)*

### 2.2.8. Consorcio de microorganismos

Un consorcio de microorganismos es una asociación conformada por dos o más poblaciones microbianas, de especies distintas, que trabajan como una sociedad en un sistema complejo, beneficiándose de las actividades de otros. Un consorcio de microorganismos tiene la capacidad de desarrollar funciones complejas que normalmente una población individual no podría, incluso obtienen mayor resistencia a factores del ambiente y permiten la estabilidad de los miembros en un periodo de tiempo. Ochoa y Montoya indican que “Una población minoritaria de microorganismos puede llegar a ser la más activa en un periodo de limitación de nutrientes si tiene la habilidad metabólica capaz de sostener la supervivencia de todo el consorcio” (55).

En su investigación Diaz et al. indican que un consorcio de microorganismos es aquel que aprovecha la capacidad metabólica de diferentes grupos de organismos para minimizar y/o remover ciertos compuestos. Las técnicas de bioaugmentación y bioestimulación logran fortalecer y mejorar las capacidades de estos procesos de biodegradación (56).

Por lo tanto, un consorcio de microorganismos es la selección conveniente de bacterias, enzimas y hongos de diferentes especies que son empleadas con el objetivo de actuar como tratamiento biológico depurador en aguas o suelos contaminados trabajando en equipo.

#### **2.2.8.1. Características del consorcio de microorganismos**

- Poseen permanencia genética.
- Tienen viabilidad de cultivo.
- Se reproducen según las condiciones manipuladas por el especialista.
- Actúan como depredadoras de la materia orgánica para su desarrollo.
- Capacidad de ser manipuladas y conservadas.

#### **2.2.8.2. Bacterias**

Son microorganismos capaces de usar diferentes fuentes de energía, por lo tanto, pueden desarrollarse en diferentes ambientes, tienen la capacidad de vivir solos o en conjunto con diferentes seres vivos. Las bacterias también forman parte de novedosos métodos para contribuir en la conservación y recuperación del ecosistema (57).

#### **2.2.8.3. Enzimas**

Son proteínas capaces de catalizar diferentes reacciones biológicas, se producen a través de microorganismos de origen unicelular, estos microorganismos se encargan de descomponer la materia orgánica en moléculas más pequeñas y simples (dióxido de carbono y agua) (58).

#### **2.2.8.4. Enzimas y bacterias bio digestoras BZT -WD**

Este consorcio de enzimas y bacterias consumen residuos, contienen enzimas y bacterias seleccionadas; entre ellas *Lactobacillus sp.* Contiene grupos de enzimas tales como proteasas, amilasas, celulasas y lipasas. Son bacterias de tipo no patógenas, es decir no son tóxicas, son microorganismos benéficos, tanto aeróbicos como anaeróbicos. Es un producto natural no manipulado genéticamente. Por lo tanto, es amigable con el ambiente, no afecta a ningún ser vivo (personas, animales, plantas, peces, etc.), no es corrosivo, es seguro para los diferentes tipos de instalaciones y materiales, posee una concentración de 2 billones de UFC/gr y puede ser empleado en agua salada o dulce (59).

### a. Principales capacidades/beneficios:

Según Boss tech, afirman que el consorcio presenta los siguientes beneficios:

- Descompone la materia orgánica en suspensión en aguas residuales.
- Disuelve y digiere aceites y grasas superficiales.
- Reduce la carga orgánica que se acumula en el fondo del tanque/estanque.
- Reduce la carga orgánica del agua (reducción de DBO5 y disminución de nitrógeno).
- Mejora la calidad del agua en embalses, pozos e instalaciones de tratamiento.
- Reduce las algas en estanques, estanques o lagos.
- Reduce olores desagradables y mejora la eficacia de todo tipo de tratamientos (59).

### b. Condiciones para la actividad microbológica

Para lograr una adecuada remoción de carga orgánica contaminante, se debe tomar en cuenta algunas condiciones óptimas para el funcionamiento del consorcio, en la Tabla 5, se especifican los parámetros que optimizan el tratamiento.

**Tabla 5.** *Condiciones óptimas y límites del consorcio.*

<b>Parámetros</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Límites</b>
OD	>4 ppm	> 0 ppm
T°	22 -31 °C	10-60 °C
pH	6.6 -7.4	6.0-9.0
C-N-P	100-20-5	100-5-1

**Fuente:** *Elaboración propia*

### c. **Parámetros para el desarrollo de la actividad microbiológica**

El consorcio de microorganismos se reproduce con mayor rapidez cuando se tiene en cuenta los parámetros de la Tabla 6.

**Tabla 6.** *Parámetros para el desarrollo microbiológico.*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
<b>pH</b>	Estos parámetros permitirán facilitar las condiciones óptimas para un adecuado desarrollo y por lo tanto depuración de contaminantes por parte de las bacterias y enzimas.
<b>Temperatura</b>	
<b>OD</b>	

**Fuente:** *Elaboración propia.*

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Agua residual**

Son los efluentes producto del uso del agua en las diferentes actividades que desarrolla el ser humano para satisfacer sus necesidades o aquellos que son descargados como desechos o excedentes líquidos posterior al empleo en alguna actividad industrial (60). Gran parte de la generación de este tipo de efluentes se debe a la elevada industrialización que observamos actualmente.

### **2.3.2. Demanda química de oxígeno**

Este parámetro mide el material orgánico contenido en una muestra o porción líquida a través de la oxidación química. En su investigación Santamaria et al. afirman que la DQO: “Mide la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica presente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante” (37).

### **2.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno**

La DBO es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos en condiciones aerobias para estabilizar la materia orgánica biodegradable que forma parte del agua residual (61).

Son los valores de oxígeno agotados biológicamente durante un tiempo establecido a cierta temperatura, con el fin de degradar las sustancias orgánicas del efluente residual y con la participación de microorganismos (54).

#### **2.3.4. Calidad del agua**

Es el conjunto de cualidades y características físicas, químicas y biológicas que son comparadas con estándares, valores o normas, los cuales se consideran requisitos para determinar si una determinada fuente de agua es inocua y puede ser utilizada como agua potable, en el riego o bebida de animales, así como en actividades recreativas. Una mala gestión de este recurso puede desencadenar en la alteración de la calidad del agua y generar impactos negativos en el entorno ambiental (62).

#### **2.3.5. Consorcio de microorganismos**

Diaz et al. indican que, es un conjunto de microorganismos que actúan en la eliminación o reducción de componentes complejos y contaminantes, esta asociación de microorganismos que trabajan a través de la simbiosis son la base para eliminar la carga orgánica presente en aguas residuales de diferente origen. Además, el aporte de nutrientes fundamentales para estimular la actividad microbiana, permite obtener una mayor remoción de contaminantes (56).

#### **2.3.6. Lactosuero**

Chacón, Chavez, Renteria y Rodriguez, afirman que el lactosuero es aquel subproducto líquido que resulta de la coagulación de los lácteos en la preparación de quesos, principalmente compuesto de lactosa, minerales, vitaminas y proteínas, posee un valor nutritivo elevado. El lactosuero es usado generalmente en la alimentación de animales, otro uso es el de fertilizante o es descargado al ambiente, por lo tanto, se le considera un contaminante si no se dispone correctamente (63).

#### **2.3.7. Materia orgánica**

Según Fuentes, Ramos, Jiménez y Esparza, indican que, es el conjunto de partículas macroscópicas o coloides disueltos que generan olor, color, sabor, así como la presencia de microorganismos patógenos. Se puede medir directamente la concentración de materia orgánica midiendo el carbono orgánico total o de manera indirecta calculando la capacidad de reducción del carbono a través de los parámetros DBO y DQO (64).

#### **2.3.8. Tratamientos biológicos**

Son una serie de procesos donde se emplean microorganismos con el fin de eliminar los componentes solubles en el efluente, dichos procesos utilizan la capacidad de asimilación de los nutrientes y materia orgánica presente en el agua

residual por parte de los microorganismos para su desarrollo, formando entre ellos flóculos con la masa necesaria para la decantación en cierto periodo de tiempo (65).

### **2.3.9. Contaminación del recurso hídrico**

Según Gaviria y Betancur, mencionan que, la contaminación de los acuíferos ocurre cuando las cargas contaminantes provenientes de descargas o lixiviados de actividades agrícolas, industriales o mineras no se controlan adecuadamente y exceden en cierta medida la capacidad natural de autodepuración de estos cuerpos de agua (33).

### **2.3.10. Mecanismos de degradación**

Son tecnologías que se realizan con el fin de depurar parcial o totalmente el agua residual. En la biorremediación los microorganismos actúan como mecanismo de degradación, transformando sustancias con características tóxicas en menos tóxicas o inocuas para la salud humana y el entorno ambiental (66).

### **2.3.11. Bacterias**

Álvarez, menciona que, las bacterias son microorganismos que se basan en diferentes estrategias para degradar contaminantes, poseen variedad de genes y procesos metabólicos. Adicionalmente la capacidad de depuración de las bacterias depende de los factores físicos, químicos y biológicos del componente a remediar (67).

### **2.3.12. Enzimas**

Las enzimas son catalizadores de origen orgánico y estado coloidal que resultan de las células vivas, poseen capacidad catalítica y pueden eliminarse cuando son sometidas a temperaturas que rodean los 100° C. La eficacia con la cual actúa una enzima sobre un componente o sustrato depende de factores como: concentraciones del sustrato y enzima, pH, temperatura, así como la presencia de inhibidores o activadores (68).

En la investigación de Hernández et al. se indica que, los microorganismos usan enzimas biológicas para acelerar reacciones biológicas y químicas, en la actualidad muchas de estas enzimas están en proceso de identificación por especialistas por su relevancia en la remoción de compuestos o material orgánico (69).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método**

###### **3.1.1.1 Método General**

Hernández Sampieri, Fernandez y Baptista, indican que, “El método científico clarifica las relaciones entre las variables, asimismo planea los aspectos metodológicos, con la finalidad de asegurar la validez y confiabilidad de sus resultados” (69). Por lo tanto, el método general empleado en el presente estudio es el método científico, debido a que se emplearon metodologías y procedimientos planteados de acuerdo a la investigación. Este método permite establecer los procesos y llevar un control adecuado de los resultados, adicionalmente se obtiene nuevos conocimientos en base a la discusión de resultados y conclusiones.

###### **3.1.1.2. Método específico**

El método empleado es hipotético deductivo, debido a que a partir del planteamiento de una hipótesis se seguirán una serie de procedimientos para obtener datos reales y concretos con el objetivo de afirmar o negar la hipótesis, con ello analizar la eficiencia del consorcio de microorganismos enzimas y bacterias biodigestoras *bzt* como tratamiento para la remoción de contaminantes, analizando a su vez la influencia de la variable independiente (consorcio) en la variable dependiente (DQO y DBO). Según Bernal, este método consiste en: “refutar o falsear la hipótesis planteada, deduciendo de ella conclusiones que deben confrontarse con los hechos” (70).

#### **3.1.2. Alcance de la investigación**

##### **3.1.2.1. Tipo de investigación**

Es aplicada, ya que según Cegarra, “La investigación aplicada hace uso de los conocimientos adquiridos para comprender mejor la influencia de determinadas condiciones, bien de forma teórica o experimental, en el comportamiento fenomenológico que se estudia” (71). Asimismo, la presente investigación se basa en estudios realizados para ser aplicados y ofrecer una solución a la problemática planteada, promoviendo alternativas en el tratamiento de aguas residuales, buscando reducir la cantidad de

contaminantes presentes en el efluente, a través de tratamientos biológicos, empleando microorganismos benéficos y contribuyendo con una adecuada calidad de vida de la población aledaña a la zona.

### **3.1.2.2. Nivel de investigación**

Según Arias, la investigación explicativa consiste en determinar la causa y efecto empleando la investigación experimental a través de la prueba de hipótesis (72), asimismo Hernández Sampieri et al, indican que la investigación experimental es explicativa, por lo tanto su finalidad es demostrar que los resultados en la variable dependiente son a causa de la variable independiente y se establece una relación causa – efecto (73). En el presente trabajo, el nivel de investigación es explicativo, debido a que evalúa y explica el comportamiento del consorcio de microorganismos en el tratamiento de efluentes, así también comprobará su eficiencia a través de la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada, demostrando su capacidad para reducir la carga contaminante. La investigación es experimental, por la manipulación y control de las variables (73), con el fin de evaluar los efluentes residuales tomados, realizando el respectivo análisis en el laboratorio antes y después de haber entrado en contacto con el consorcio de microorganismos.

## **3.2. Diseño de la investigación**

### **3.2.1. Diseño experimental**

Según Hernández Sampieri et al, el diseño de investigación es experimental porque “el investigador manipula la variable independiente para observar los efectos sobre el rendimiento de estos a través de la evaluación de la variable dependiente” (73).

Este tipo de diseño puede comprender dos grupos de comparación, uno que recibirá el tratamiento experimental y otro que no, conformado por el grupo control, entonces la manipulación de la variable independiente alcanza dos niveles, presencia y ausencia (73).

#### **3.2.1.1. Cuasi experimental**

La presente investigación es cuasi experimental, utiliza el diseño de un solo factor categórico, con una prueba antes y después del experimento con dos repeticiones, así como la presencia del grupo control. Se aplicó una prueba antes de dar inicio al tratamiento, para que las muestras posteriormente

reciban el tratamiento experimental empleando el consorcio de microorganismos. Luego se aplicó otra prueba obteniendo resultados para evaluar el comportamiento de las variables estudiadas y contrastar la hipótesis planteada inicialmente. A continuación, se muestra la esquematización del diseño aplicado en la investigación.

**Tabla 7.** *Diseño de la investigación.*

GE <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
GE <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
GC <sub>3</sub>	O <sub>1</sub>	--	O <sub>4</sub>

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Donde:**

GE: Muestra de investigación.

GC: Grupo control (sin tratamiento).

O1 y O2: Pruebas antes y después del experimento.

X: Aplicación del tratamiento.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

Según Arias la población, “es el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación, queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (72).

La población de la investigación, está formada por los efluentes residuales de la industria láctea vertidos a los suelos y ríos del departamento de Arequipa en el año 2022.

#### 3.3.2. Muestra

Bernal, indica que la muestra “es la parte de la población que se selecciona, de la cual se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (70).

La elección de la muestra fue de manera no probabilística por conveniencia, eligiendo a la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., debido a que se permitió el ingreso a la planta para la toma de la muestra. Se tomó la muestra de agua residual de 2 puntos de recolección previa a ser descargada a las canaletas, formando una

muestra compuesta de 16 litros de agua residual siguiendo el Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. (74)



**Figura 1.** Ubicación de la empresa Servicios Inkari, Majes.

**Fuente:** Extraída de Google Maps.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica empleada para el desarrollo de la investigación y la recolección de datos, es la observación, así como artículos y revistas científicas como fuente primaria que puedan brindar información relacionada al tratamiento de aguas residuales empleando microorganismos.

#### **3.4.2. Instrumentos**

Para la toma de muestras, se empleó como instrumento de recolección de datos el Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales el cual indica que, previo a empezar el monitoreo es necesario conocer la zona donde se encuentra el cuerpo de agua para definir los parámetros, puntos de monitoreo a tomar en cuenta y material para la recolección de muestras (74).

Para el análisis inicial de caracterización de parámetros de la muestra de agua residual, se llenó la cadena de custodia (Anexo 8) que el Laboratorio facilitó. Para la aplicación del consorcio de microorganismos se tuvo en cuenta la ficha técnica (Anexo 3) y la hoja de seguridad (Anexo 4). Se empleó una ficha de

control de condiciones óptimas (Anexo 6) para hacerle seguimiento al tratamiento empleando el consorcio de microorganismos.

### **3.4.3. Técnicas de proceso y análisis de datos**

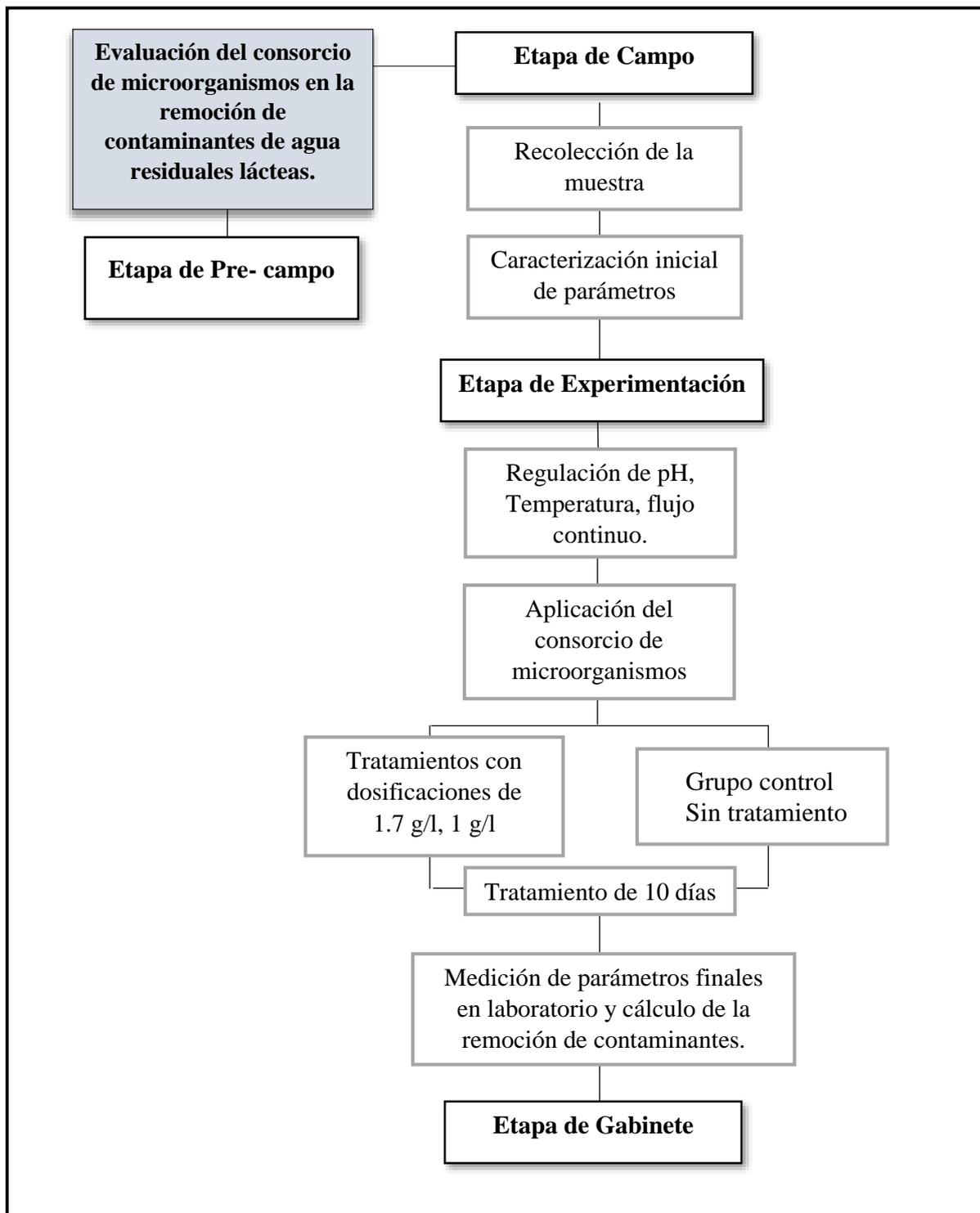
El procesamiento y análisis de los datos, se desarrollaron empleando los programas Statgraphics y Excel, donde se analizaron los valores obtenidos en los informes de laboratorio.

Se empleó el estudio estadístico ANOVA, para determinar la eficiencia del consorcio de microorganismos en la reducción de DBO y DQO a cantidades diferentes de dosificación, así como el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la comparación de medias, determinando el mejor tratamiento.

### **3.4.4. Materiales y equipos**

- Envases
- Jarra
- Cooler
- Balanza analítica
- Vaso
- Reactores
- Cuchara
- Consorcio de microorganismos enzimas y bacterias biodigestoras bzt.
- Mangueras
- Bomba de aire con difusor
- Termostato
- Tiras reactivas de medición de pH
- Regulador de pH
- Guantes quirúrgicos
- Guardapolvo
- Cámara fotográfica
- Etiquetas
- Cinta adhesiva
- Ácido Sulfúrico (preservante)

### 3.4.5. Procedimiento de la investigación.



**Figura 2.** Metodología aplicada.

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.4.5.1. Etapa de pre - campo

#### a. Identificación de propiedades del consorcio de microorganismos.

Se recolectó información acerca de las bacterias y enzimas, así como de las propiedades que poseen, la forma de preparación y empleo en el tratamiento de agua residual, así como las condiciones en las que las bacterias y enzimas se desarrollan alimentándose de la carga orgánica contaminante, depurando el agua residual.

El desarrollo de la investigación se realizó empleando el consorcio de enzimas bacterias biodigestoras bzt, conformado por bacterias y enzimas (proteasas, amilasas, lipasas), que actúan en la conversión de sustancias complejas producto del procesamiento de alimentos, hidrolizando los polímeros para su pronta degradación microbiológica, las bacterias consumen materia orgánica para su desarrollo y nutrición. Entre las principales propiedades que posee este consorcio de microorganismos, se encuentra la digestión de grasas y aceites, la eliminación de malos olores, reducción de la acumulación de materia orgánica. Este producto es amigable con el ambiente y reduce el contenido orgánico.

#### b. Especificaciones previas a la toma de muestra del efluente residual.

Se inició con la preparación del material, para realizar la toma de muestra representativa se tomó en cuenta el protocolo de Monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos (74), esta guía identifica los pasos previos a la toma de muestras descritos a continuación:

- **Parámetros a tener en cuenta:** considerar aquellos parámetros de interés, por lo tanto, no es necesario tener en cuenta todos los parámetros de la normativa dado que basta con un análisis técnico y objetivo (74), en la presente investigación se tuvo en cuenta los parámetros DBO y DQO dado que conforman la carga orgánica presente en el efluente lácteo.

- **Puntos de monitoreo:** según el protocolo de monitoreo, el punto ideal es antes de que la descarga sea vertida a un cuerpo de agua receptor, en caso de que el acceso a la toma de muestra no sea fácil o segura, debería recolectarse corriente arriba de la descarga en el primer punto accesible. En caso de vertimientos de agua residual industrial, se puede considerar el cuerpo hídrico receptor y/o la

propia descarga (74). En la presente investigación se tuvo en cuenta dos puntos de monitoreo según la Tabla 8, para recolectar la muestra compuesta del agua residual láctea.

- **Frecuencia:** se establece según la variación de volumen de agua residual generada en la actividad, teniendo en cuenta los horarios pico de generación de aguas residuales (74), por lo tanto se consideraron dos horarios establecidos para la limpieza de áreas y equipos: 6.00 am y 1.00 pm en un solo día.
- **Pasos a seguir para la toma de muestra:** según el protocolo de monitoreo, para realizar la toma de muestra del efluente residual se debe contar con un recipiente y tomar la muestra corriente debajo de la descarga teniendo en cuenta que la abertura del recipiente sea en dirección aguas arriba, en muchos casos se emplea el mismo envase para recolectar la muestra, se puede emplear una cubeta acondicionada en caso el lugar de muestreo no sea accesible (74), la metodología empleada para la toma de muestra se llevó a cabo según lo indicado en la etapa de campo.

### c. Delimitación de la investigación.

#### - Limitación temporal

La extracción de la muestra representativa de los efluentes residuales se realizó en el distrito de Majes ubicado en el departamento de Arequipa, en los dos horarios de limpieza de áreas y equipos, 6:00 am y 1:00 pm en un solo día, formando una muestra compuesta para el posterior tratamiento.

#### - Limitación espacial

Se eligió el distrito de Majes como localización para la toma de muestras del efluente lácteo, ya que en él se encuentran la mayoría de las empresas dedicadas a la elaboración de lácteos y sus derivados, así también se hizo la elección de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. específicamente por el acceso a la toma de la muestra representativa del efluente residual.

#### - Limitación económica

Para determinar la remoción de contaminantes se medirá DBO y DQO antes y después del tratamiento, siendo el pH, la temperatura y el flujo

continuo de movimiento, parámetros complementarios para optimizar el trabajo y eficiencia del consorcio de microorganismos.

Los insumos y materiales necesarios, así como el viaje y transporte de las muestras fueron asumidos económicamente por la presente investigadora.

#### **d. Puntos de muestreo**

Se tuvo en cuenta la determinación de los puntos de la toma de muestra de agua residual representativa, ubicada en las instalaciones de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L como indica la Tabla 8.

**Tabla 8.** *Puntos para la toma de muestra*

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Coordenadas</b>	
Planta de producción	16.241856	72.133423
Servicios Inkari E.I.R.L.	16.241840	72.133404

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### **3.4.5.2. Etapa de campo**

#### **a. Recolección de la muestra in situ**

Se realizó la toma de la muestra a partir de las descargas de agua residual antes de ser vertidas a las canaletas de la industria láctea Servicios Inkari en ambos horarios de limpieza de equipos y áreas: 6:00 am y 1:00 pm en un solo día, utilizando envases para la recolección de la muestra representativa. Se tomó apuntes del caudal, obteniendo el valor de 7 L/m, se recolectaron 16 litros de agua residual en 2 puntos para formar una muestra compuesta representativa y realizar el tratamiento teniendo en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH. Se tuvo en cuenta la toma de datos de los parámetros de campo como el pH, debido a que puede alterarse rápidamente con el tiempo transcurrido, se emplearon tiras reactivas para medir el pH, se realizó la medición directamente del envase donde se almacenó la muestra del agua residual, anotando inmediatamente la información, registrada en la ficha de control (Anexo 6).

#### **b. Caracterización inicial de parámetros (preservación, etiquetado y transporte)**

Se realizó la toma de muestras del efluente residual lácteo de la industria Servicios Inkari E.I.R.L., se apuntaron las coordenadas de los puntos de muestreo, se llenaron los frascos para enviar las muestras iniciales al laboratorio, los cuales fueron debidamente etiquetados y rotulados (Anexo 5), posteriormente fueron transportados cuidadosamente, empleando las medidas y el menor tiempo posible para ser analizadas.

#### **3.4.5.3. Etapa de experimentación**

Se utilizó el diseño de un solo factor categórico con 2 repeticiones por dosis de tratamiento, con un nivel de confianza del 95 %, este diseño permitió analizar los efectos del factor dosificación (1 g/L y 1.7 g/L) en un tiempo de contacto por 10 días para luego procesar y analizar los datos con el programa Statgraphics.

Se empleó el consorcio de microorganismos como tratamiento para demostrar la reducción de carga orgánica contaminante en la muestra representativa de agua residual láctea, para ello se debe tener en cuenta el medio y las condiciones óptimas en las cuales se desarrollan las enzimas y bacterias que conforman el consorcio. Por lo tanto el procedimiento se dio de la siguiente manera:

- Se acondicionaron todos los reactores con un termostato debiendo contar con un rango de temperatura entre los 22 – 32° C para el desarrollo de los microorganismos y una bomba de aire con difusor, energía 220 V, 60 Hz, potencia 2.5 watts para darle las condiciones óptimas de forma continua durante el tratamiento y así obtener resultados favorables.
- Se agregaron 3 litros de agua residual en cada reactor y se midió el pH, obteniendo 6 como valor inicial, por lo tanto se reguló el pH a 8 en todos los reactores para optimizar el trabajo del consorcio de microorganismos, debiendo contar con condiciones de pH entre 6 – 9° C.
- Se pesó el consorcio según las dosificaciones de tratamiento (1 g/L y 1.7 g/L) para disolver y agregarlos en los reactores que contenían

3 litros de agua residual láctea cada uno, con el fin de analizar su eficiencia en 10 días

- Pasados 10 días de tratamiento y de monitoreo continuo en las condiciones adecuadas, se dejó sedimentar para realizar la toma de muestras final y analizar los parámetros DQO y DBO.
- Se empleó el grupo control o blanco que tuvo el mismo seguimiento y proceso que el grupo experimental con la diferencia de que no se empleó el consorcio de microorganismos, las mismas condiciones de movimiento de flujo continuo a través del uso de una bomba con difusor, temperatura y regulación del pH conforme el tratamiento del grupo experimental. Respaldo de esta manera el uso de microorganismos benéficos en el tratamiento de efluentes residuales.

#### 3.4.5.4. Etapa de laboratorio

Posterior a la toma de muestras finales, se enviaron al laboratorio acreditado ALAB, para analizar los parámetros de demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno del efluente residual lácteo a los 10 días de tratamiento. Los parámetros tomados en cuenta fueron DBO, DQO debido a que representan la carga orgánica contenida en el agua residual y permitieron evaluar el comportamiento del consorcio y su eficiencia en la remoción de contaminantes, los métodos empleados se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9.** *Métodos de Ensayo*

Ensayo	Norma	Título	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Demand (BOD), 5 Day BOD Test.	Oxygen
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B, 23 rd Ed. 2017	Chemical Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method.	Oxygen

Fuente: *Elaboración propia*

### 3.4.5.5. Etapa de Gabinete

Cálculo del porcentaje de remoción de contaminantes.

La evaluación procedente de los ensayos de laboratorio permitió determinar los efectos estadísticamente significativos del factor en estudio que incide sobre la variable respuesta DQO y DBO.

La eficiencia del consorcio de microorganismos se efectuó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

Donde:

$C_o$  = Concentración inicial       $C_f$  = Concentración final

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

Los excedentes líquidos residuales de la industria láctea, se caracterizan por contener valores elevados en parámetros fisicoquímicos como demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno, fósforo, aceites y grasas. También presentan olor y color de tonalidades blancas a amarillas, estas características se evidenciaron en la muestra de agua residual tomada en la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., para el ingreso a la planta y la respectiva toma de muestra se obtuvo el permiso del encargado (Anexo 2).

##### 4.1.1. Determinación de valores iniciales de DBO y DQO del agua residual láctea

Posterior a la toma de la muestra representativa, se realizó la evaluación inicial de los parámetros DQO y DBO representando la carga orgánica contaminante del efluente residual, empleando métodos acreditados por INACAL en el laboratorio ALAB, los valores obtenidos se observan en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Caracterización inicial de DQO y DBO en agua residual láctea.

Ensayo	Unidad	Resultados
Demanda Bioquímica de oxígeno.	mg/L	6536.0
Demanda Química de oxígeno	mg/L	8904.9
Ph	Unidad de pH	6

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Los resultados que se detalla en la Tabla 10, reflejan la composición de la muestra del efluente residual lácteo, tomada en las instalaciones de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., los parámetros característicos de la carga orgánica son considerablemente elevados, debido a que se emplea el recurso hídrico en la mayoría de etapas de procesamiento de la leche hasta llegar al producto final, así como en la limpieza e higienización de los diferentes espacios, instrumentos o equipos dentro de la industria. Se puede observar que la demanda química de oxígeno es mayor que la demanda bioquímica, indicando la presencia de contaminantes a degradar a través de medios químicos, se observa también que el pH es ligeramente ácido, según Tirado et al., el descenso de pH se debe a la

fermentación de la lactosa, contribuyendo al desarrollo de bacterias acetogénicas.  
(75)

Según los valores obtenidos de la caracterización inicial de la muestra de agua residual láctea, se puede determinar que tiene el siguiente índice de Biodegradabilidad:

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = DQO/DBO$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 8904.9 / 6536.0$$

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = 1.36$$

Melo, en su investigación indica que, si el valor obtenido es  $< 1.5$ , el agua residual es degradable a través de un tratamiento biológico (34), por lo tanto la presente investigación es viable.

#### 4.1.2. Concentraciones de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Los resultados muestran los valores finales de DBO posterior al tratamiento empleando el consorcio de microorganismos a diferente dosis.

**Tabla 11.** Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno posterior al tratamiento.

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tratamiento	Dosis 1.7 g /L	Tratamiento	Dosis 1 g/L	Tratamiento	Control
GE1	4500	GE3	2211.4	GC	5047.5
GE2	5583.8	GE4	1380.0	GC	5047.5

**Fuente:** GE1: Grupo Experimental 1, GE2: Grupo Experimental 2,  
GE3: Grupo Experimental 3, GE4: Grupo Experimental 4,  
GC: Grupo Control.

*Elaborado en base a los datos obtenidos en el informe de laboratorio.*

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 11, se puede determinar que la mejor dosis para la remoción de contaminantes de las aguas residuales lácteas respecto al parámetro DBO es de 1g/L después de aplicar el consorcio de microorganismos por 10 días de tratamiento, debido a que los resultados de los tratamientos GE1 y GE2 con dosificación 1.7 g/L no presentan valores considerables de remoción en comparación a los tratamientos GE3 y GE4 con dosificación 1 g/L, la medición de este parámetro se realizó en el laboratorio acreditado Alab empleando el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed 2017.

#### 4.1.3. Concentraciones de remoción de Demanda Química de Oxígeno

Los resultados que se muestran a continuación detallan los valores finales de DQO posterior al tratamiento empleando el consorcio de microorganismos a diferente dosis.

**Tabla 12.** Resultados de Demanda Química de Oxígeno posterior al tratamiento.

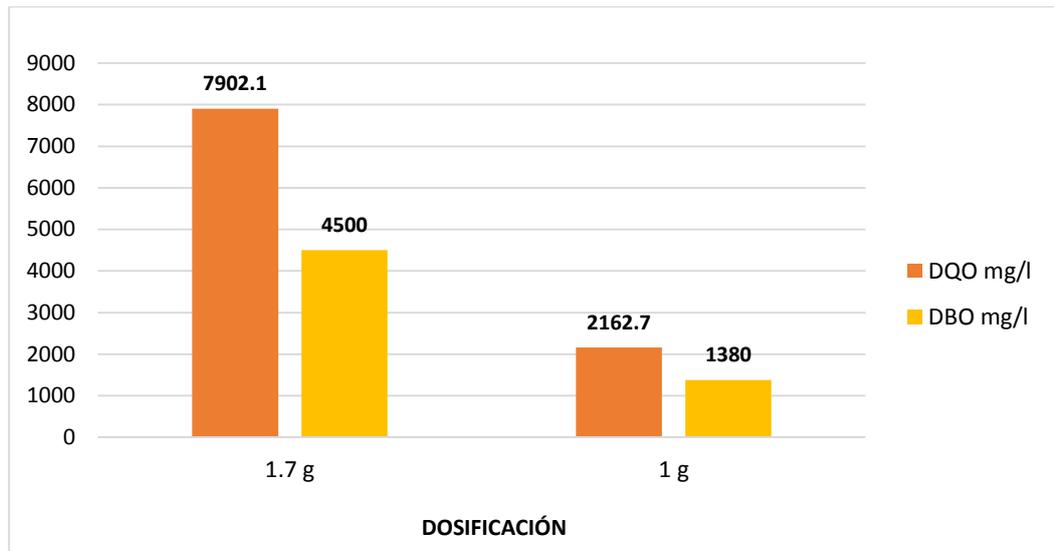
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis 1.7 g /L</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis 1 g/L</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Control</b>
GE1	7902.1	GE3	3499.8	GC	8918.1
GE2	9138.9	GE4	2162.7	GC	8918.1

**Fuente:** GE1: Grupo Experimental 1, GE2: Grupo Experimental 2,  
GE3: Grupo Experimental 3, GE4: Grupo Experimental 4,  
GC: Grupo control.

*Elaborado en base a los datos obtenidos en el informe de laboratorio.*

La Tabla 12, refleja los resultados respecto al parámetro DQO posterior al tratamiento empleando el consorcio de microorganismos, los valores obtenidos a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed 2017, indican que los tratamientos GE1 y GE2 con dosificación 1.7 g/L no reducen considerablemente los valores de DQO, mientras que la dosificación 1 g/L llega a valores relativamente bajos en los tratamientos GE3 y GE4 respectivamente, con valores de remoción de hasta 2162.7 mg/l en DQO, por lo tanto, el tratamiento con menor dosificación muestra mejores resultados.

#### 4.1.4. Remoción según la cantidad del consorcio de microorganismos.



**Figura 3.** Comparación de remoción de DQO y DBO a diferente dosificación.

En la gráfica de comparación de valores Figura 3, se puede observar que existe la reducción de contaminantes usando el consorcio de microorganismos. Con la dosificación 1 g/l se logra reducir la carga orgánica a valores de hasta 2162.7 mg/l y 1380 mg/l de DQO y DBO, según los resultados obtenidos en el informe de laboratorio. Mientras que, con la dosificación 1.7 g/l los valores mostraron una menor remoción de la carga contaminante con valores de hasta 7902.1 mg/l de DQO y 4500 mg/l de DBO, estos resultados se obtuvieron a los 10 días de tratamiento, teniendo en cuenta que a menor dosificación y con las condiciones óptimas se produce una mejor remoción de contaminantes del efluente lácteo a cargo de las enzimas y bacterias.

#### 4.1.5. Eficiencia del consorcio de Microorganismos.

De acuerdo con los resultados en los análisis de laboratorio posterior al tratamiento biológico para lograr la remoción de contaminantes conformados por los parámetros DBO y DQO, empleando la fórmula de remoción, se obtienen los siguientes porcentajes:

**Tabla 13.** *Porcentaje de remoción de carga orgánica.*

Parámetros	Dosificación	Dosificación	Control
	1 g/L	1.7 g/L	
DQO	75 %	11 %	0%
DBO	78 %	31 %	22%

**Fuente:** *Elaborado a partir de los valores obtenidos en el informe de laboratorio.*

Respecto al porcentaje de remoción de carga orgánica del agua residual, en la Tabla 13, se puede observar que el consorcio es eficiente y trabaja de manera óptima a menor dosificación con un valor máximo de remoción de contaminantes del 75 % en DQO, en cuanto a la reducción de DBO se observan valores de hasta el 78 % de remoción en la muestra de agua residual láctea.

## 4.2. Prueba de hipótesis

Se realizó el análisis estadístico de la investigación utilizando el programa Statgraphics.

### 4.2.1. Hipótesis específica 1.

#### 4.2.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Empleando el método ANOVA, se analizaron los valores de reducción del parámetro DBO posterior a la aplicación del consorcio de microorganismos, como tratamiento para la remoción de carga orgánica contaminante en la muestra de agua residual láctea de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. Como se puede observar en la Tabla 14, este método permite realizar el análisis de la varianza estadísticamente significativa de los tratamientos.

Hipótesis:

- Ho: todos los tratamientos aplicados para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúan igual.
- Ha: por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

Ho:  $\mu A = \mu B = \mu C = \mu D$

Ha: Las medias no son iguales

Valor  $P > 0.05$  se acepta Ho

Valor  $P \leq 0.05$  se rechaza Ho

**Tabla 14.** ANOVA para DBO por tratamientos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón - F</i>	<i>Valor - P</i>
Entre grupos	3320.61	2	1660.3	22.78	0.0154
Dentro de grupos	218.684	3	72.8947		
Total (Corr.)	3539.29	5			

**Fuente:** Elaborado con el programa Statgraphics.  $P < 0.05$ .

El método ANOVA descompone la varianza de DBO en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro del grupo. En la Tabla 14, se puede observar la razón F, con el valor 22,78, esta es una razón entre la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Dado que la significancia es 0,05 y el valor  $P = 0.0154$  es inferior a esta, se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se comprobó que al menos una de las medias es diferente de las demás corroborando que la aplicación del consorcio de microorganismos con diferentes dosis actúa de diferente manera en los valores de remoción del parámetro DBO.

Se acepta la hipótesis alterna:

Ha: Por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

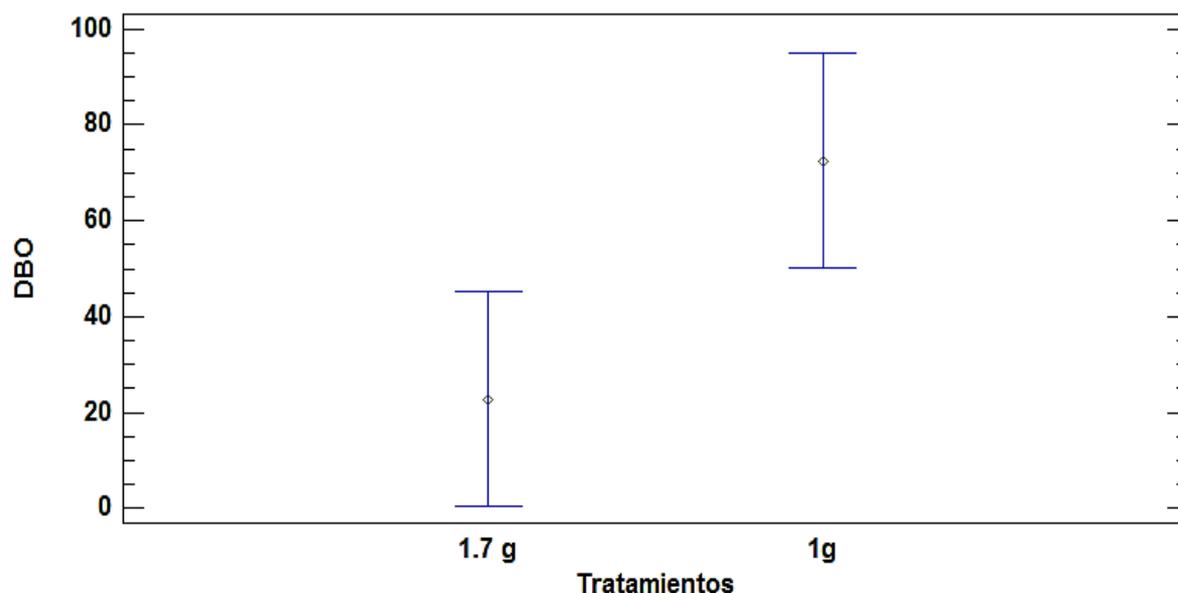
- **Procedimiento de Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher**  
El método empleado para diferenciar las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, como se observa en la Tabla 15.

**Tabla 15.** *Prueba de Múltiple Rango para DBO por Tratamientos, diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
Control	2	22.3869	X
1.7 g	2	22.8595	X
1g	2	72.526	X

**Fuente:** *Elaborado con el programa Statgraphics.*

Este método aplica un procedimiento de comparación múltiple para establecer qué medias son significativamente diferentes de otras. Según la prueba de Fisher, el tratamiento con dosificación 1g/L es significativamente diferente en comparación a los demás tratamientos, también se puede observar que el tratamiento con dosificación 1.7g/L contiene valores significativamente similares frente al grupo control con el 95.0 % de nivel de confianza en el parámetro DBO.



**Figura 4.** Medias e Intervalos para DBO usando el método LSD Fisher con el programa Statgraphics

**Fuente:** Elaboración propia

Con la comparación de medias de los diferentes tratamientos en la Figura 4, se puede observar que, con el tratamiento de menor dosificación de 1g/l se obtuvo mejores resultados en cuanto a la reducción de DBO en la muestra de agua residual láctea, mientras que con el tratamiento de mayor dosificación 1.7g/l no se obtuvo resultados con una gran diferencia de remoción de DBO, por lo tanto, el consorcio actúa de manera eficiente con la dosificación de 1g/l según los valores obtenidos.

## 4.2.2. Hipótesis Específica 2

### 4.2.2.1. Demanda Química de Oxígeno

Los valores obtenidos empleando ANOVA para el parámetro DQO en la Tabla 16, reflejan la interacción de los resultados del tratamiento posterior a la aplicación del consorcio de microorganismos en la remoción de carga orgánica de la muestra de agua residual láctea de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. Empleando el método ANOVA, se realiza el análisis de la varianza estadísticamente significativa de los tratamientos:

Hipótesis:

- Ho: todos los tratamientos aplicados para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúan igual.
- Ha: por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D$$

Ha: Las medias no son iguales

Valor  $P > 0.05$  se acepta  $H_0$

Valor  $P \leq 0.05$  se rechaza  $H_0$

**Tabla 16.** ANOVA para DQO por tratamientos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón - F</i>	<i>Valor - P</i>
Entre grupos	5842.14	2	2921.07	41.89	0.0064
Dentro de grupos	209.193	3	69.731		
Total (Corr.)	6051.34	5			

**Fuente:** Elaborado con el programa Statgraphics.  $P < 0.05$ .

Según la Tabla 16, el método ANOVA descompone la varianza de DQO en dos componentes: un componente entre grupos y uno dentro del grupo. Por lo tanto la razón F, que en este caso es igual a 41,89, es una razón entre la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos.

Dado que el valor  $P = 0.0064$  es inferior a la significancia de valor 0,05 se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se determinó que, al menos una de las medias era diferente de las demás confirmando que la aplicación del consorcio se comporta de distinta manera de acuerdo a la dosis empleada.

Se acepta la hipótesis alterna:

Ha: Por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.

- **Procedimiento de la Diferencia Significativa (LSD) de Fisher**

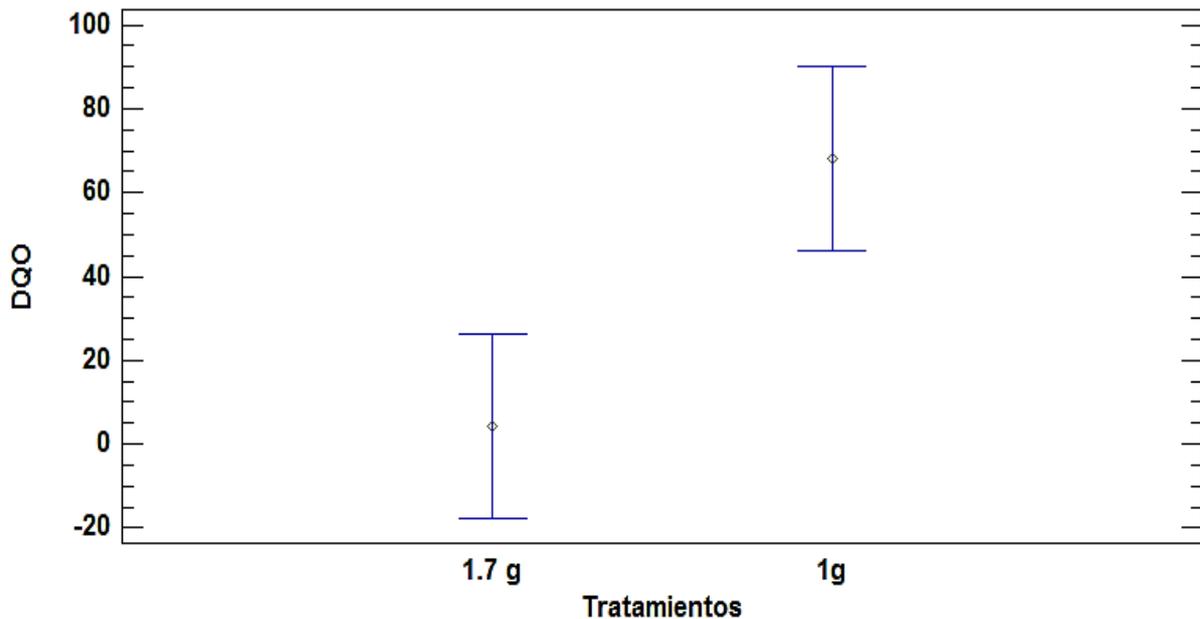
El método que se usa para diferenciar las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

**Tabla 17.** Prueba de Múltiple Rango para DQO por Tratamientos, diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Control	2	-0.0741165	X
1.7 g	2	4.31672	X
1g	2	68.2057	X

**Fuente:** Elaborado con el programa Statgraphics

Como podemos observar en la Tabla 17, este método aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar que medias son significativamente diferente de otras. En la prueba de Fisher el tratamiento con 1 g/l de dosificación es significativamente diferente frente a los demás tratamientos, adicionalmente demuestra que el tratamiento con 1.7 g/l de dosificación y el grupo control tienen valores significativamente similares con el 95,0 % de nivel de confianza, por lo tanto, el tratamiento con menor dosificación trabaja de manera eficiente en la remoción de DQO en comparación a los diferentes tratamientos.



**Figura 5.** Medias e Intervalos para DQO usando el método LSD Fisher con el programa Statgraphics.

**Fuente:** Elaboración propia

Según la comparación de medias de los diferentes tratamientos, en la Figura 5, se puede observar una ligera reducción de los valores de DQO con el tratamiento de mayor dosificación de 1.7 g/l, sin embargo, el tratamiento con la menor dosificación 1 g/l obtuvo mejores resultados en la reducción de DQO respecto al tratamiento con mayor dosificación.

#### 4.2.3. Hipótesis General

- Ho: el consorcio de microorganismos no es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.
  - Ha: el consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.
- A través del análisis de los resultados plasmados en las tablas y figuras mostradas anteriormente se comprueba o rechaza la hipótesis general planteada. La validación estadística refleja una reducción considerable de los parámetros DQO y DBO, los cuales conforman la carga orgánica contaminante del agua residual láctea tratada.

**Tabla 18.** *Contrastación de resultados.*

<i>Parámetros</i>	<i>T.C</i>	<i>T.I (1g/l)</i>	<i>Remoción máxima del grupo control %</i>	<i>Remoción Máxima con TI %</i>
DQO	8918.1 mg/l	2162.7 mg/l	0 %	75 %
DBO	5047.5 mg/l	1380.0 mg/l	22%	78 %

**Fuente:** *T.C: Tratamiento control, TI: Tratamiento ideal.*

Como se puede observar en la Tabla 18, se obtuvo la reducción de contaminantes con el mejor tratamiento de dosificación 1g/l con valores de hasta 75 % de remoción de DQO, mientras que la reducción de DBO logró el valor máximo de 78 % de remoción, demostrando que el consorcio de microorganismos enzimas y bacterias biodigestoras bzt, trabaja de forma eficiente en la remoción de contaminantes presentes en el efluente residual lácteo, por lo tanto se llega a la conclusión que los resultados obtenidos sirven como evidencia para determinar que la hipótesis nula es falsa y se acepta la hipótesis alterna:

Ha: El consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.

#### **4.3. Discusión de resultados**

La muestra de agua residual láctea evaluada inicialmente permitió determinar los valores iniciales de DQO conformada por 8904.9 mg/l y de DBO por 6536.0 mg/l los cuales fueron datos elevados en comparación con la investigación titulada: “Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la planta de lácteos oasis” (76) quien obtuvo valores de 6270 mg/l en DQO y 4450 mg/l en DBO. La investigación titulada: “Formulación de una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria láctea Kizgo del municipio de Silvia Cauca” (77), obtuvo valores iniciales de 5060 mg/l de demanda química de oxígeno y 3100 mg/l de demanda bioquímica de oxígeno, datos cercanos en comparación a la caracterización inicial de parámetros de la presente investigación, por lo tanto, el efluente residual lácteo del presente estudio tiene valores elevados de carga

contaminante generando un impacto negativo en los componentes ambientales con los que tiene contacto por la descarga sin tratamiento previo. Se observa también que el pH 6, ligeramente ácido obtenido en la caracterización inicial de la muestra, se debe a la presencia de lácteo y trazas de detergente empleados en la limpieza de áreas y superficies de la empresa, mientras que la investigación titulada: “Characterization, Physicochemical and Biological Treatment of Sweet Whey (Major Pollutant in Dairy Effluent)” (78), obtuvo valores similares de pH con valores de 5.99 en su investigación. En pruebas iniciales, se determinó que, para lograr una mayor remoción de carga orgánica contaminante de la muestra se debe tener en cuenta algunas condiciones óptimas para el funcionamiento del consorcio, por lo tanto, se reguló el pH constantemente a un rango de 7- 9, así como la temperatura a 28° C y el movimiento continuo de flujo para una aireación constante, logrando una mejor eficiencia del tratamiento en 10 días de monitoreo continuo.

Los resultados obtenidos demuestran que existe una mayor remoción de la carga orgánica contaminante con la menor dosificación de 1 g/l del consorcio de microorganismos, teniendo valores iniciales de 8904.9 mg/l llegando a valores finales de 2162.7 mg/l, logrando la reducción de contaminantes del 75 % en el parámetro DQO, mientras que en la investigación titulada: “Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos” (79), se obtuvo el 71.65 % de remoción de DQO, por lo tanto la presente investigación obtuvo mayor reducción de DQO del agua residual en comparación con la investigación mencionada.

En cuanto al parámetro DBO, se obtuvo una reducción del 78 % de agua residual láctea tratada, empleando el tratamiento con menor dosificación, mientras que en la investigación: “Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos” (79), se presentó una remoción del 68.58 % de demanda bioquímica de oxígeno con el 2 % de microorganismos benéficos, por lo tanto, en el presente estudio, el consorcio de microorganismos influye de manera significativa en la remoción de carga orgánica contaminante, medida a través de los parámetros DQO y DBO del efluente lácteo, demostrando la eficiencia del tratamiento biológico aplicado y la importancia del tratamiento de aguas residuales para la reducción de contaminantes previo a la descarga del efluente.

Asimismo, en la investigación: “Biodegradación de contaminantes orgánicos de la industria láctea” (80), en un tratamiento de 18 horas empleando microorganismos, se

obtuvo la reducción del 98.9 % de DQO y el 99.1% de remoción de DBO ya que se empleó un tratamiento final con zeolita activada para una mejor sedimentación de la materia orgánica.

Los resultados obtenidos, indican que existe una menor remoción de contaminantes al emplear la dosificación 1.7 g/l, debido a que el valor final de DQO fue de 7902.1 llegando a reducir solo el 11 %, mientras que en DBO se obtuvo el valor de 4500 mg/l logrando reducir hasta el 31 %, no obstante en la investigación: “Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricación de quesos” (81), indica que los valores bajos de remoción que se puedan presentar en los tratamientos biológicos se debe al elevado contenido orgánico y sólidos coloidales que contiene el efluente residual. Adicionalmente en el trabajo de investigación: “Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos” (79), indican que, la presencia de sustancias alcalinas o ácidas así como desinfectantes que no son de fácil degradación a través de tratamientos biológicos, limita la remoción de contaminantes presentes en el agua residual láctea, otro factor de importancia es el tiempo de tratamiento debido a que a medida que se agotan las sustancias de fácil degradación, los microorganismos consumen otro tipo de compuestos de mayor complejidad, llegando a un punto de rebosamiento donde los microorganismos no tienen los nutrientes o enzimas suficientes para seguir con el proceso de reducción de contaminantes, adicionalmente la escasa oxigenación, limita el tratamiento, por lo tanto se debe considerar las condiciones necesarias para obtener resultados favorables.

En la investigación titulada: “Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricación de quesos” (81), indica que en cierto punto del proceso puede ocurrir el incremento de valores de DQO y DBO, debido a que las bacterias se encuentran aclimatadas al agua residual y al presentar la remoción elevada de carga orgánica, los microorganismos empiezan autodigerirse y dejan de producir biomasa activa, lo cual es perjudicial para el tratamiento, por lo tanto es importante tener en cuenta la relación de nutrientes para lograr una mayor eficiencia en el tratamiento.

En relación a la investigación titulada: “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja” (18), presentó una caracterización inicial de 222 mg/l en DQO así como 105 mg/l en DBO, valores bajos en comparación a la presente investigación que presentó valores de 8904.9 mg/l

en DQO y 6536.0 mg/l en DBO, posterior a la aplicación de los microorganismos en la investigación mencionada, se presentaron valores de reducción de 194 mg/l en DQO y 95 mg/l en DBO respectivamente, reduciendo solo el 12 % en demanda química de oxígeno y 51 % en demanda bioquímica de oxígeno, mientras que la presente investigación obtuvo 78 % y 75 % de remoción en DBO y DQO respectivamente, por lo tanto presenta mejores valores de remoción de carga orgánica, de esta manera se logra demostrar la eficiencia del consorcio de microorganismos empleado.

En la investigación titulada: “Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea” (5), los autores afirman que una buena alternativa para tratar efluentes residuales de este tipo de industria, es emplear microorganismos benéficos es decir la mezcla de bacterias, hongos y levaduras, con el fin de minimizar los impactos ambientales que provoca la descarga de agua residual sin previo tratamiento en los componentes ambientales: suelo, aire, agua, flora y fauna. Emplear métodos biológicos lleva consigo muchas ventajas, debido a que los microorganismos utilizan la materia orgánica presente en el agua residual como fuente de energía, nutrientes y carbono para su desarrollo y metabolismo, depurando el efluente con el que tienen contacto, por lo tanto se coincide con el autor de la investigación mencionada, debido a que, el consorcio de microorganismos empleado en el presente estudio está conformado por bacterias y enzimas de tipo proteasas, lipasas, amilasas y celulasas, que actúan en conjunto para digerir y disolver la materia orgánica suspendida o acumulada así como aceites y grasas presente en la superficie del efluente a tratar, aprovechando la capacidad de los microorganismos, sustituyendo otros tratamientos fisicoquímicos, por un tratamiento biológico amigable con el entorno ambiental, adicionalmente en la investigación: “Biodegradación de contaminantes orgánicos de la industria láctea” (80), el autor menciona que los procesos fisicoquímicos no tienen la misma capacidad en comparación con procesos biológicos en cuanto a la remoción de materia orgánica disuelta.

En la investigación: “Influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi” (82), el autor indica que se obtienen los valores iniciales de 80.5 mg/l en demanda bioquímica de oxígeno y 9.79 mg/l en demanda química de oxígeno, valores bajos en comparación a los datos obtenidos en la caracterización inicial del efluente del presente estudio, después de aplicar el tratamiento empleando 50 ml como mejor

dosis de la bacteria *paramecium caudatum* para la disminución de contaminantes, se obtuvieron resultados finales de 30 mg/l reduciendo hasta un 62 % la DBO, asimismo se obtuvieron valores de 5.11 mg/l en DQO alcanzando la remoción del 47 %, mientras que en la presente investigación se obtuvo una mayor reducción de carga orgánica presentando los valores finales de 78 % en DBO y 75 % en DQO, por lo tanto se afirma una vez más, la eficiencia del consorcio de microorganismos en el tratamiento del efluente residual. Adicionalmente en la investigación mencionada se puede observar que en el proceso de tratamiento se presentó la variación de aumento y reducción de los valores de los diferentes parámetros analizados, el autor indica que esto se debe a la adaptación de los microorganismos al efluente residual, también menciona que la investigación empleó una sola bacteria, la *paramecium caudatum* ya que el objetivo de estudio fue determinar su influencia en el tratamiento de las muestras de agua residual láctea y la reducción de la materia orgánica. Así mismo señala que al trabajar con un conjunto de microorganismos el tratamiento mejoraría la reducción de los parámetros indicadores de contaminación. En esta investigación se utilizó el consorcio de microorganismos conformado tanto por bacterias como enzimas para el tratamiento eficiente del efluente residual lácteo, actuando de manera conjunta y obteniendo resultados de considerable reducción.

En la investigación mencionada, se puede observar que el mejor tratamiento fue con la dosificación de 50 ml mientras que el tratamiento con dosificación de 100 ml no presentó valores de remoción considerable. La investigación: “Evaluación de un consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes”, coincide con el tratamiento de menor dosificación, ya que se obtuvo una mayor remoción de carga orgánica con la dosificación 1 g/l, mientras que el tratamiento con dosificación 1.7 g/l no obtuvo valores considerables de remoción en comparación a la primera dosificación.

Las investigaciones mencionadas, respaldan el uso de tratamientos biológicos empleando microorganismos para la reducción de carga orgánica contaminante presente en las aguas residuales, sin embargo sus autores, sugieren que se debe realizar mayores investigaciones en diferentes tipos de agua residual, con variedad de dosis y condiciones del medio como pH, temperatura entre otros parámetros que optimicen el tratamiento de manera que se obtengan los resultados esperados.

## CONCLUSIONES

- El consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., debido a que se obtuvo la reducción de los parámetros con el tratamiento de mejor dosificación de 1g/l con valores de 75 % de remoción en DQO, mientras que la reducción de DBO con la misma dosificación alcanzó el valor máximo de 78 %, logrando demostrar la eficiencia del consorcio de microorganismos enzimas y bacterias biodigestoras, empleadas en el tratamiento de agua residual.
- Se determinó que los valores iniciales de los parámetros, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno que conforman la carga orgánica contaminante de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L., fueron de 6536.0 mg/l en DBO y 8904.9 mg/l en DQO presente en la muestra de agua residual láctea de acuerdo a los resultados de laboratorio.
- Se determinó que la aplicación del consorcio de microorganismos bacterias y enzimas biodigestoras, influye de manera positiva en la remoción de contaminantes de aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L, dado que en la caracterización inicial de la muestra se obtuvo el valor de 6536.0 mg/l en DBO y 8904.9 mg/l de concentración en DQO, parámetros que tras la aplicación del consorcio de microorganismos lograron la reducción de contaminantes llegando a valores de 1380 mg/l en DBO y 2162.7 mg/l en DQO empleando el tratamiento de menor dosificación 1g/l, respecto al tratamiento con dosificación 1.7 g/l se obtuvo valores de reducción de 4500 mg/l en DBO y 7902.1 g/l en DQO.
- La remoción de DBO y DQO posterior a la aplicación de los tratamientos empleando dos dosificaciones del consorcio de microorganismos fue favorable, teniendo como cantidad óptima del consorcio al tratamiento GE4 con la dosificación de 1g/l en ambos parámetros, logrando una remoción del 78 % en DBO, mientras que en DQO se obtuvo la reducción del 75 %. Según los valores obtenidos se puede concluir que, a mayor cantidad del consorcio de microorganismos se logra una menor remoción de DBO y DQO.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable mantener un control permanente de las condiciones óptimas de desarrollo de los microorganismos, teniendo en cuenta el monitoreo y regulación de pH, temperatura y el constante flujo de movimiento del agua para una oxigenación constante, lo cual optimiza el tratamiento con el consorcio de microorganismos, obteniendo mejores resultados.
- Realizar la medición de biomasa en el agua en investigaciones posteriores para determinar la cantidad de microorganismos metabólicamente activos y lograr un control adecuado del tratamiento.
- Experimentar con el consorcio de microorganismos a diferente temperatura, pH y tiempo para obtener datos e información de las mejores condiciones de trabajo del presente consorcio a fin de poder emplearlo en el tratamiento de aguas residuales de diferente origen.
- Mantener un balance de los nutrientes como son el carbono, nitrógeno y fósforo ya que, si alguno de estos nutrientes no está presente en el efluente, los microorganismos se paralizan, no se desarrollan adecuadamente, limitando la depuración de contaminantes.
- Realizar investigaciones con un tratamiento adicional posterior al uso de microorganismos, para reducir aún más la carga contaminante y poder cumplir con los Valores Máximo Admisibles y evitar el impacto negativo en los componentes ambientales con los que entra en contacto el efluente residual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Agua*. **Organizacion Mundial de la Salud - OMS**. 2019.
2. *Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea*. **Tirado, D, y otros**. 1, Cartagena: s.n., junio de 2016, Producción Limpia [En Linea], Vol. 11, págs. 171-184.
3. *Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos*. **Parra y A., Ricardo**. 1, Medellin: s.n., abril de 2009, Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín [En línea], Vol. 62, págs. 4967-4982.
4. *Evaluación de riesgos de contaminación química de los efluentes lácteos de una planta de procesamiento de leche ubicada en Bechar (suroeste de Argelia)*. **Nabbou, Nouria, y otros**. 229, Bechar: s.n., setiembre de 2020, Appl Water Sci [En Linea], Vol. 10, págs. 1-12.
5. *Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea*. **Armijo, José, y otros**. 1, Guaranda, Ecuador: s.n., enero-abril de 2021, Journal of Agro-Industry Sciences [En línea], Vol. 3, págs. 21-26.
6. **Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC**. En Junín buscan recuperar aguas de la industria láctea con bacterias autóctonas. [En línea] 2020. [Citado el: 16 de febrero de 2022.] <https://portal.concytec.gob.pe/index.php/noticias/2328-en-junin-buscan-recuperar-aguas-de-la-industria-lactea-con-bacterias-autoctonas>.
7. *Minagri: 452 mil familias en el Perú se dedican a la producción de leche y sus derivados*. **Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI**. 2020.
8. **INEI**. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [En línea] 2020. [Citado el: 24 de Febrero de 2022.] <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-el-ano-2019-la-produccion-nacional-crecio-216-y-acumulo-mas-de-dos-decadas-de-resultados-anuales-positivos-12062/>.
9. **Condorchem envitech**. Tratamiento biológico de aguas residuales. [En línea] 2022. [Citado el: 12 de Enero de 2022.] <https://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>.
10. **Florez Rios, Diana**. *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN TRATAMIENTO BIOLÓGICO AEROBIO MEDIANTE EL USO DE LAS BACTERIAS *Pseudomona putida*, *Pseudomona mendocina* y *Hafnia alvei*, COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO PARA VERTIMIENTOS LÍQUIDOS DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA*

DE LA CIUDAD DE MAN. DOSQUEBRADAS: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD, 2016. pág. 82.

11. **Bejarano Novoa, Maria y Mauricio, Escobar Carvajal.** *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de aguas residuales. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y Sanitario).* Bogotá: Universidad de La Salle, 2015. pág. 100.
12. **Rodriguez Hernandez, Nadia.** *Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria láctea. Tesis (Maestro en ciencias en Gestión Ambiental).* Durango: Instituto Politécnico Nacional, 2010. pág. 91.
13. **Molina andrade, Michelle.** *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en industria láctea. Tesis (Título de Ingeniero de Alimentos).* Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2015. pág. 79.
14. **Zamora Orozco, Jeanett.** *Depuración biotecnológica del suero lácteo empleando un sistema continuo mixto: anaerobio de lecho fijo-aerobio. Tesis (Título de Ingeniero en Alimentos).* Huajuapán de León, Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2006. pág. 87.
15. *Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas.* **Romero Lopez, Teresita y Vargas Mato, Dabiel.** 3, La Habana: s.n., diciembre de 2017, Ingeniería Hidráulica y Ambiental [En línea], Vol. 38, págs. 88-100.
16. *Biological treatment of dairy wastewater using activated sludge.* **Lateef, Ambreen, Chaudhry, Muhammad y Ilyas, Shazia.** Lahore, Pakistan: s.n., enero de 2013, ScienceAsia [En Línea], Vol. 39, págs. 179-185.
17. **Acosta Sanchez, Luis Alberto.** *Eficiencia de un sistema de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea de Cajamarca. Tesis (Doctor en Ciencias e Ingeniería).* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2009. pág. 96.
18. **Beltran Beltran, Tony y Campos Riveros, Cynthia.** *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, Planta de tratamiento de Jauja. Tesis (Título de Ingeniero Forestal y Ambiental).* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. pág. 206.
19. **Gonzales Ccanto, Elizabeth y Quispe Escobar, Rosadith.** *INFLUENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL DISTRITO DE HUANCVELICA EN EL 2020. TESIS (TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO).* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2020. pág. 95.

20. **Gamarra Ortiz, Jorge.** *Evaluación del impacto ambiental del lactosuero generado en la línea de producción de quesos de la planta de lácteos Huacariz alternativas de mitigación. Tesis (Doctor en ciencias).* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. pág. 118.
21. *Uso de microorganismos eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la industria láctea. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental).* **Apaza Saavedra, Alejandro.** Lima: Universidad Cesar Vallejo: s.n., 2017, pág. 71.
22. **Castillo, Karina y Neira, Lucero.** *Influencia del pH y tiempo, en el tratamiento de efluentes de pelambre curtiduría Orion S.A.C de Trujillo, usando enzimas Boss Tech. Tesis (Título de Ingeniero Químico).* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. pág. 68.
23. **Espejo Vargas, Linda.** *Remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes de las aguas residuales con microorganismos nativos aislados de la planta de tratamiento covicorti. Tesis (Maestra en ciencias Biotecnología Agroindustrial y Ambiental).* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016. pág. 101.
24. **Durant Carbajal, Estela y Medina Carita, Fiorella.** *Diseño y construcción de un reactor biológico secuencial (SBR) para el tratamiento de aguas residuales lácteas procedentes de la planta agroindustrial del Perú SAC. Tesis (Título de Ingeniero Biotecnólogo).* Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2012. pág. 237.
25. **Godoy Tapia, Luis.** *Evaluación del impacto ambiental en la industria de derivados lácteos Tinajani EIRL. Tesis (Bachiller en Ingeniería Industrial).* Arequipa: Universidad Continental, 2019. pág. 45.
26. **Lazo Pinto, Alberto y Vilca Gutierrez, Yojan.** *Tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea mediante el proceso de electrocoagulación. Tesis (Título de Ingeniero Químico).* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2020. pág. 97.
27. **Vargas Luna, Diego.** *Uso de microorganismos eficientes para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una embotelladora de bebidas carbonatadas y jugos en Sachaca. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental).* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2020. pág. 185.
28. *Propuesta de un sistema de tratamiento biológico para agua residual no doméstica de centro comercial de Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental).* **Cutipá Paucarima, Elizabeth y Ramos Borda, Gina.** Universidad Nacional de San Agustín: s.n., 2021, pág. 142.

29. *La industria de la leche y la contaminación del agua*. **Valencia, Elizabeth y Ramirez, Maria**. 73, México: s.n., enero-marzo de 2009, Elementos: Ciencia y cultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla [En línea], Vol. 16.
30. *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. [En Línea]. **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental**. [ed.] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Lima: OEFA, 2014.
31. *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. **Raffo Lecca, E y Ruiz Lizama, E**. 1, Lima: s.n., junio de 2014, Industrial Data [En Línea], Vol. 17, págs. 71-80.
32. *El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México*. **Diaz, Elizabeth, Alavarado, Alejandro y Camacho, Karina**. 1, Toluca. México: s.n., enero-junio de 2012, Quivera [En línea], Vol. 14, págs. 78-97.
33. *Una caracterización de carga contaminantes a los acuíferos libres del bajo cauca Antioqueño*. **Gaviria, S y Betancur, V**. 2, Cauca: Gestión y Ambiente, diciembre de 2005, Gestión y ambiente [En línea], Vol. 8, págs. 85-102.
34. *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas por la industria de productos lácteos el toril ubicado en el canton Mocha, provincia de Tungurahua. Tesis (Título de Ingeniero Químico)*. **Melo Villalba, Holger**. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba-Ecuador : s.n., 2018, pág. 96.
35. *Guia de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector lácteo* [En línea]. **Ministerio de Medio Ambiente España**. [ed.] Centro de publicaciones. Secretaria General Técnica. Cataluña: Ministerio de Medio Ambiente, 2005.
36. *Biodegradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales de una empresa de pinturas. Tesis (Título de Ingeniero de Procesos)*. **Mosquera Lopez, Sandra y Posada Uribe, Luisa**. Medellin: Universidad EAFIT: s.n., 2007, pág. 168.
37. *Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos*. **Santamaria Freire, E, Alvarez Calvache, F, Santamaria Diaz, E y Zamora Carrillo, M**. 1, Trujillo: s.n., mayo de 2015, Agroind Science [En línea], Vol. 5, págs. 13-26.
38. *Los métodos turbidimétricos y sus aplicaciones en las ciencias de la vida*. **Acebo Gonzalez, D y Hernandez Garcia, A**. 1, La Habana: s.n., enero-abril de 2013, CENIC Ciencias Biológicas [En línea], Vol. 44.

39. **Higiene ambiental.** ¿Qué nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? [En línea] 2018. [Citado el: 17 de enero de 2022.] <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>.
40. **Sigler, Adam y Bauder, Jim.** Alcalinidad, pH y Sólidos disueltos totales [En línea]. [En línea] s.f. [Citado el: 2022 de marzo de 03.] [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf).
41. **FODM - Fondo para el logro de los ODM.** Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas. [En línea] 2012. [Citado el: 2022 de febrero de 22.] <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.
42. *Postratamiento en escala piloto del lixiviado del relleno sanitario antanas (pasto-nariño) por filtración adsorción con arena, antracita y carbón activado.* **Guerrero Lopez, Andre y Ortiz Sanchez, Ivan.** Bogotá: s.n., diciembre de 2015, Revista de Ingeniería Universidad de los Andes [En línea], Vol. 43, págs. 10-15.
43. *Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional.* **Menendez Gutierrez, Carlos y Dueñas Moreno, Jaime.** 3, La Habana: s.n., diciembre de 2018, Ingeniería hidráulica y ambiental. [En línea], Vol. 39, págs. 97-107.
44. **Metcalf & Eddy.** *Ingeniería de aguas residuales.* [En línea]. [ed.] Angel Cajigas. s.l. : Mc Graw Hill, 1979.
45. **CORPONOR.** Informe Ejecutivo de muestreo y análisis [En línea]. [En línea] julio de 2018. [Citado el: 23 de febrero de 2022.] [https://corponor.gov.co/calidad\\_agua/2018/9\\_RIO\\_ZULIA\\_CALIDAD\\_FISICO\\_QUIMICA\\_MICROBIOLOGICA\\_2018/38\\_COMPARACION\\_CONDUCTIVIDAD\\_ELECTRICA\\_OD.pdf](https://corponor.gov.co/calidad_agua/2018/9_RIO_ZULIA_CALIDAD_FISICO_QUIMICA_MICROBIOLOGICA_2018/38_COMPARACION_CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA_OD.pdf).
46. *Nitrificación de aguas residuales de industrias lácteas, en régimen discontinuo: estudio comparativo a distintas cargas orgánicas.* **Matteos, Alvarez, y otros.** Sevilla : s.n., diciembre de 2002, págs. 32-37.
47. *Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbicos de lecho fluidizado trifásico con circulación interna.* **Teixeira, Gleyce, y otros.** 67, Medellín: s.n., abril-junio de 2013, Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía [En Línea], págs. 172-182.

48. **Gov.Ar.** El ciclo del agua en la comunidad valenciana. *La calidad del agua*. [En línea] s.f. [Citado el: 15 de junio de 2022.] [https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_2/index.html#:~:text=Miden%20la%20calidad%20del%20medio,dif%C3%ADciles%20de%20medir%20y%20cuantificar..](https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_2/index.html#:~:text=Miden%20la%20calidad%20del%20medio,dif%C3%ADciles%20de%20medir%20y%20cuantificar..)
49. *Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura*. **Gonzalez, M y Chiroles, S.** 1, La Habana: s.n., 2011, Revista cubana de Salud Pública [En línea], Vol. 37, págs. 61-73.
50. **Spena Group.** Tratamientos de Aguas Residuales en la Industria Láctea. [En línea] diciembre de 2016. [Citado el: 15 de junio de 2022.] <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-la-industria-lactea/#:~:text=El%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales,producto%20reutilizable%20y%20no%20da%C3%B1o..>
51. **Condorchem envitech.** Tratamiento de aguas residuales de la Industria Láctea. [En línea] s.f. [Citado el: 15 de junio de 2022.] <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>.
52. **FLOWEN.** Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. [En línea] 2022. [Citado el: 27 de enero de 2022.] <https://flowen.com.pe/site/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>.
53. *Tratamiento Fisicoquímico de las Aguas Residuales generadas en el proceso de beneficio de arcillas y alternativas de uso de los lodos generados en el proceso*. **Llano, Biviana, y otros.** 3, Medellín: s.n., enero de 2014, Scielo- Información Tecnológica [En línea], Vol. 25, págs. 73-82.
54. **Induanalisis- Laboratorio Ambiental.** DBO Y DQO. [En línea] 2019. [Citado el: 27 de enero de 2022.] [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31).
55. *Consortios microbianos: Una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias*. **Ochoa Carreño, Diana y Montoya Restrepo, Alexandra.** 2, Colombia: s.n., diciembre de 2010, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión [En línea], Vol. XVIII, págs. 55-74.

56. *Consorcio microbiano autóctono para el tratamiento de aguas contaminadas con gasoil del puerto de isla de toas*. **Diaz Borrego, Laugeny, y otros.** 2, Venezuela: s.n., 2018, Ciencia e Ingeniería Neogranadina. [En línea], Vol. 28.
57. *Los microorganismos: pequeños gigantes*. **Montaño, Noé, y otros.** 77, Puebla. Mexico : s.n., febrero-abril de 2010, Elementos: Ciencia y cultura. [En línea], Vol. 17, págs. 15-23.
58. **Mezquita, Alonso.** Tratamiento de aguas residuales a base de enzimas y bacterias. [En línea] 1999. [Citado el: 10 de enero de 2022.] <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/tratamiento%20biologico%20de%20aguas%20residuales.pdf>.
59. **Boss Tech.** Enzimas y bacterias biodigestoras BZT. [En línea] 2022. [Citado el: 11 de enero de 2022.] <https://bosstech.pe/cotizables/enzimas-bacterias-bio-digestoras-bzt-wd-envase-700-gr/>.
60. *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. **Raffo Lecca, E y Ruiz Lizama, E.** 1, Lima: s.n., abril de 2014, Revista de Investigación Industrial Data. [En línea], Vol. 17, págs. 71-80.
61. *Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales*. **Mayari, Rogelio, Espinosa, Maria del Carmen y Gutierrez, Jacqueline.** La Habana. Cuba: s.n., 2005, Revista CENIC. Ciencias Químicas. [En línea], Vol. 36.
62. **Aguas Urbanas. Núcleo Interdisciplinario.** Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua. [En línea] noviembre de 2018. [Citado el: 15 de junio de 2022.] <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>.
63. *Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades*. **Chacon, Luis, y otros.** 11, Caracas. Venezuela: s.n., noviembre de 2017, Interciencia. [En línea], Vol. 42, págs. 712-718.
64. *Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D*. **Fuentes, Rosa, y otros.** 3, Distrito Federal, México: s.n., 2015, Revista Internacional de contaminación ambiental. [En línea], Vol. 31, págs. 253-264.
65. **Condorchem envitech.** Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. [En línea] [Citado el: 18 de junio de 2022.] <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>.

66. *El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos*. **Torres Rodríguez, D.** 2, Maracay: s.n., mayo- agosto de 2003, Ecosistemas. Revista científica de ecología y medio ambiente . [En línea], Vol. XII, pág. 5.
67. *Biorremediación de ambientes contaminados con hidrocarburos: un proceso complejo que involucra múltiples variables*. **Alvarez, Hector.** 1, Buenos Aires. Argentina : s.n., abril de 2015, Química Viva [En línea], Vol. 14, págs. 18-25.
68. *Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje*. **Quintero, Roberto, y otros.** 1, Chapingo, México: s.n., enero-marzo de 2003, Terra Latinoamericana. [En línea], Vol. 21, págs. 73-80.
69. *Estudio cinético enzimático de la hidrolasa a partir de cítricos*. **Hernandez, Israel, y otros.** 3, La Serena, Chile: s.n., julio-septiembre de 2015, Avances en Ciencias e Ingeniería. [En línea], Vol. 6, págs. 1-8.
70. *Metodología de la investigación*. [En línea]. **Bernal, Cesar A.** [ed.] E-Book. Colombia: Pearson, 2010, Vol. Tercera Edición.
71. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. [En línea]. **Cegarra Sanchez, Jose.** [ed.] Ediciones Diaz de Santos. s.l.: Diaz de Santos, 2004, pág. 372.
72. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. [En línea]. **Arias, Fidias G.** [ed.] Episteme. s.l.: Episteme, 2012, Vol. 6, pág. 138.
73. **Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.** *Metodología de la Investigación* [En línea]. [ed.] S.A. INTERAMERICANA EDITORES. México, D.F : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
74. **Ministerio de Agricultura Autoridad Nacional del Agua.** *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* [En línea]. [ed.] Autoridad Nacional del Agua. Lima: s.n., 2016.
75. *Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea*. **Tirado Armesto, Diego, y otros.** 1, Cartagena: s.n., junio de 2016, Producción Limpia, Vol. 1, págs. 171-184.
76. *DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN LA PLANTA DE LÁCTEOS OASIS. TESIS (Título de Ingeniero Químico)*. **Saenz Roldan, Luis.** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Riombamba: s.n., 2013, pág. 181.
77. *Formulación de una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria láctea Kizgo del municipio de Silvia Cauca. Tesis (Título*

- de Ingeniería Ambiental y Sanitaria*). **Cortes Viveros, Gine**. Popayan: s.n., 2021, pág. 69.
78. *Characterization, Physicochemical and Biological Treatment of Sweet Whey (Major Pollutant in Dairy Effluent)*. **Kabbout, Rana, y otros**. Singapur: s.n., enero de 2011, International Conference on Biology, Environment and Chemistry, Vol. 2, págs. 123-127.
79. *Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos*. **Herrera, Oscar y Corpas, Eduardo**. 1, Manizales: s.n., enero- junio de 2013, Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. [En línea], Vol. 11, págs. 57-67.
80. *Biodegradación de contaminantes orgánicos de la industria láctea*. **Procel, Diego y Posligua, Paola, Banchon, Carlos**. Quito: 7, enero-marzo de 2016, Enfoque UTE [En línea], Vol. 1, págs. 22-32.
81. *Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricación de quesos. Tesis Título de Ingeniera Ambiental*. **Chamorro Romero, Gladys**. Universidad San Francisco de Quito: s.n., 2014, pág. 104.
82. **Rodríguez Robles, Diana**. *Influencia del protozoo Paramecium caudatum en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi, Concepción-Junin 2019. Tesis (título de Ingeniero Ambiental)*. Huancayo: Universidad Continental, 2020. pág. 124.
83. *Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas por lodos activados en campamento obreros, Minera Ares*. **Huamani Condori, Juan Carlos**. Arequipa: s.n., 2020.
84. *Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una industria automotriz*. **Vidales, A, Leos, M y Campos, M**. julio-diciembre, Aguascalientes México: Conciencia Tecnológica, 2010, Vol. 40.
85. *Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales la enlozada Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Civil)*. **Valverde Calderon, Diego**. Universidad Católica de Santa María: s.n., 2019, pág. 131.
86. *Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante [En línea]*. **CIGEA**. [ed.] PNUMA. Colombia: Agencia de Medio Ambiente, 1998.

87. **Castillo, Isabel.** lifeder. *Aguas agrícolas: concepto, características y contaminantes.*  
[En línea] 7 de febrero de 2018. [Citado el: 15 de junio de 2022.]  
<https://www.lifeder.com/aguas-agricolas/>.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema Principal:</b></p> <p>¿Cuál será la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes, Arequipa - 2022?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Evaluar la eficiencia del consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. en el distrito de Majes, Arequipa - 2022</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Ho: El consorcio de microorganismos no es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.</p> <p>Ha: El consorcio de microorganismos es eficiente en la remoción de contaminantes de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Consorcio de microorganismos (enzimas y bacterias biodigestoras bzt)</p>	<p>Cantidad del consorcio de microorganismos (dosis)</p>	<p>Cantidad</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Es de tipo de investigación aplicada y el nivel es explicativo y experimental.</p>
<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuál será la carga contaminante mediante la evaluación inicial de DBO y DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.?</p> <p>¿Cuál será la influencia en la remoción de DBO y DQO posterior al tratamiento de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. empleando el consorcio de microorganismos?</p> <p>¿Cuál será la cantidad adecuada del consorcio de microorganismos para la remoción de DBO y DQO de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Determinar la carga contaminante mediante la evaluación inicial de DBO y DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.</p> <p>Determinar la influencia en la remoción de DBO y DQO posterior al tratamiento de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. empleando el consorcio de microorganismos.</p> <p>Determinar la cantidad adecuada del consorcio de microorganismos para la remoción de DBO y DQO de las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.</p>	<p><b>Específicos:</b></p> <p><b>Hipótesis específica N°01:</b></p> <p>Ha: Por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DBO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.</p> <p><b>Hipótesis específica N°02:</b></p> <p>Ha: Por lo menos un tratamiento aplicado para la remoción de DQO en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. actúa diferente.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Remoción de contaminantes (DBO y DQO) en las aguas residuales de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L.</p>	<p>Demanda Bioquímica de Oxígeno</p> <p>Demanda Química de Oxígeno</p>	<p>Concentración inicial y final de DBO.</p> <p>Concentración inicial y final de DQO.</p>	<p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>La investigación tiene un diseño experimental, debido a que se permite controlar la variable independiente para evaluar su comportamiento respecto a la variable dependiente.</p> <p><b>Población</b></p> <p>La población está formada por los efluentes residuales de la industria láctea vertidos a los suelos y ríos del departamento de Arequipa en el año 2022.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Muestra de 16 L de agua residual extraída de la empresa Servicios Inkari E.I.R.L. ubicada en el distrito de Majes en Arequipa, en 2 puntos de recolección para formar una muestra compuesta.</p> <p><b>Técnica</b></p> <p>Observación Artículos y revistas científicas como fuente primaria</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales Ficha de control Cadena de custodia Materiales de experimentación.</p>

## ANEXO 2: SOLICITUD DE PERMISO PARA TOMA DE MUESTRA

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

**SOLICITO: Permiso para realizar  
trabajo de investigación**

Señor

Victor Claudet Torres  
Gerente General de Servicios Inkari E.I.R.L.

De mi mayor consideración

Yo Leidy Fernandez Llamoca, identificada con DNI N° 71878582 domiciliada en la calle Benigno Ballon Farfan 304, Jacobo Hunter, provincia y departamento de Arequipa, ante usted con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Quien suscribe la presente, desea realizar su tesis de grado en la empresa que usted dirige, solicitando que mi persona pueda ingresar a la misma a realizar la toma de muestras, además de facilitarme alguna información que pueda contribuir con el desarrollo de la investigación.

Agrodeciendo por su tiempo, me despido cordialmente.

Atentamente

Arequipa 10 de enero 2022

  
SERVICIOS INKARI E.I.R.L.  
Ing. Victor Claudet Torres  
GERENTE GENERAL

  
Leidy Fernandez Llamoca  
DNI 71878582

## ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ENZIMAS Y BACTERIAS BIODIGESTORAS BZT

### BOSS-TECH SAC

#### Especificaciones Técnicas

- Tipo de Producto: Enzimas Digestoras de Residuos "BST"
- Producto biológico conteniendo enzimas y bacterias seleccionadas
- Tipo de enzimas: grupos de amilasas, proteasas, celulasas y lipasas.
- Tipo de bacterias: grupos de micro-organismos seleccionados, no-patógenos, no-tóxicos, benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos
- Otros componentes: estabilizadores, preservantes, activadores y co-factores
- Producto 100% natural y no-manipulado genéticamente
- Completamente amigable con el medio ambiente
- Producto reconocido como seguro en los EEUU como GRAS y por la AAFCO
- No daña ningún ser vivo: personas, animales, plantas, peces, larvas, etc.
- Producto no-corrosivo, seguro para todo tipo de instalaciones y materiales
- Presentación granular y micro-encapsulada (Tipo leche en polvo)
- Concentración: más de 2 billones de UFC/gr.
- Tiempo de vigencia: más de 2 años
- Fácil empleo: mezclar con agua y aplicar las dosis sugeridas
- Puede ser empleado en agua dulce o salada
- Ideal para tratamientos de Bio-Aumentación y Bio-Remediación avanzados

#### 1. Principales capacidades/beneficios BST-DR:

1. Digerir la materia orgánica suspendida en la columna de agua
2. Disolver y digerir el aceite y las grasas existentes en la superficie
3. Reducir la materia orgánica acumulada en el fondo de las pozas/lagunas
4. Reducir la carga orgánica del agua (Menor DBO5 y menor Nitrógeno)
5. Mejorar la calidad del agua de los tanques, pozos y lugares de tratamiento
6. Reducir las algas existentes en las pozas, estanques o lagunas
7. Reducir de malos olores y mejorar la eficiencia de todo tipo de tratamientos

#### 2. Condiciones para la actividad microbiológica

Parámetros WD	Óptimos	Límite
-Oxígeno Disuelto:	> 4ppm	> 0ppm
-Temperatura:	22-32°C	10-60°C
-pH:	6.6-7.4	6.0-9.0
-C:N:P	100:20:5	100:5:1
-Disco Secchi	35-45cm	30cm (Cultivos acuícolas y lagunas)

#### 3. Dosificación del Producto

**Inicial** (Según el volumen): para cubrir el sistema de manera inmediata

**Periódica** (Según la carga): para mantener y reponer la cantidad adecuada de micro-organismos dentro del sistema, la dosis depende de la carga orgánica

*Soluciones sostenibles y responsables, ahora a tu alcance*

Batallón Callao 211 Surco; Lima-33. Cel: 99641-9080; boss-techsac@yahoo.com

## ANEXO 4: HOJA DE SEGURIDAD DE LAS ENZIMAS Y BACTERIAS BIODIGESTORAS BZT

### HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIAL ( MSDS )

**Boss Tech S.A.C.**

Batallón Callao Norte 221 Surco, Lima-33 Perú

Fecha: 12 Enero 2010

Emergencia: (511) 99641-9080

#### SECCION I: IDENTIFICACION

Nombre:..... **Enzimas Bio-Digestoras BST** Familia Química: NA  
 Sinónimo:..... Mezcla de Enzimas y Bacterias Clase de Peligrosidad: NA  
 Precaución embarque: No químico, no indexado, no-peligroso Etiqueta(s): NA

#### SECCION II: INFORMACION DE INGREDIENTES

Componentes Peligrosos	Nº Registro CAS	PEL mg/m3	TLV/TWA mg/m3	% w/w
Suero en polvo		15	10	85-95
Dióxido de Silicio Hidratado	7631-86-9		10	1

PEL=Limite Exposición Permisible; TLV: Valor Limite Umbral ; TWA: Promedio Peso Tiempo

#### SECCION III: DATOS FISICOS

Estado:.....Polvo granular color claro Olor similar a productos:.....Lácteos  
 Gravedad específica:.....0.8g/cm, aprox. Presión del vapor (mmHg): ..... NA  
 pH:.....5.5-6.5 (6.5% solución) Densidad del vapor:..... NA  
 Solubilidad en agua:..... Muy soluble Punto de ebullición:..... NA

#### SECCION IV: DATOS DE PELIGROSIDAD DE EXPLOSION E INCENDIO

Punto de Explosión:..... Nube=490 °C , Capa=200 °C  
 Limite de Inflamación:..... NE  
 Medio de Extinción:..... Agua, espuma o nebulización  
 Procedimientos de lucha contra incendios:..... Ninguno  
 Incendio Inusual y Peligro de Explosión:..... Típico peligro explosivo de polvo orgánico fino

#### SECCION V: DATOS REACTIVOS

Estabilidad:..... Estable en condiciones normales  
 Incompatibilidad (Materiales a evitar):..... Contacto con oxidantes fuertes pueden ocasionar incendios  
 Productos en descomposición peligrosos:..... Ninguna  
 Polimerización peligrosa:..... No ocurrirá

#### SECCION VI: DATOS DE PELIGROS A LA SALUD

Vías de Ingreso:..... Inhalación, Piel, Ojos, Ingestión  
 Peligros a la salud (Agudos o crónicos):..... NE  
 Valor limite del umbral:..... NE  
 Efectos de Sobre-Exposición:..... NE  
 Procedimiento de Primeros Auxilios:..... Ojos con agua. Piel con agua y jabón.  
 Desinfectar con germicida. Inhalación aire fresco. Vaya al médico si LEP o TLV/TWA se excede

#### SECCION VII: PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES

Pasos a tomar:..... aspire, recoja o reuse BST. Desinfecte si desea  
 Método de disposición final:..... Regulaciones locales: autoclave o incinerador

#### SECCION VIII: INFORMACION SOBRE PROTECCION OPCIONAL

Protección Respiratoria:..... Use protector contra el polvo, si desea  
 Ventilación:..... Use adecuada ventilación, si desea  
 Protección de manos:..... Use guantes, si desea  
 Protección de ojos:..... Use anteojos o protectores, si desea

#### SECCION IX: PRECAUCIONES ESPECIALES

Manipulación y Almacenaje:..... Envase cerrado en área fresca, seca y sin sol  
 Otras precauciones:..... Evite contacto con heridas, cortes, heridas.  
 Láve con agua, jabón y desinfecte el área.

NA= No Aplicable

NE= No Establecido

ND=No Disponible

La información es veraz y precisa según el conocimiento de Boss Tech S.A.C, sin embargo no se asume ninguna responsabilidad por eventuales daños, demandas u otros reclamos respecto a accidentes de usuarios o terceros personas

## ANEXO 5: MATERIAL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 1.** *Toma de muestras para formar la muestra compuesta representativa.*



**Fotografía 2.** *Homogenización de la muestra de agua residual láctea*



**Fotografía 3.** *Muestra enviada al laboratorio para la caracterización inicial.*



**Fotografía 4.** *Reactores con condiciones de temperatura y flujo continuo de movimiento*



**Fotografía 5.** *Pesaje y preparación del consorcio de microorganismos*



**Fotografía 6.** *Puesta en marcha del tratamiento.*



**Fotografía 7.** *Medición y regulación de pH*



**Fotografía 8.** *Muestra final posterior al tratamiento*



**Fotografía 9.** *Preservación de muestras*



**Fotografía 10.** Toma de muestras final enviadas al laboratorio



## ANEXO 6 – FICHA DE CONTROL

FICHA DE CONTROL			
Título de investigación:	Evaluación de un consorcio de microorganismos en la remoción de contaminantes de las aguas		
Variable independiente:	Consortio de microorganismos (enzimas y bacterias biodigestoras bzt)		
Variable dependiente:	Remoción de contaminantes (DBO y DQO) en el agua residual de la empresa Servicios Inkari		
Investigadora:	Leidy Fernandez Llamoca	Empresa evaluada	Servicios Inkari E.I.R.L.
Dirección:	Panamericana Sur Km 12, Majes		
Dimensión:	Dosis del consorcio de microorganismos		
Indicador:	Cantidad		

				GE 1	GE 2	GE 3	GE 4	GC	Observaciones
Día 0	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	Inicial	6	6	6	6	6	Se reguló el ph
			final	8	8	8	8	8	
		Temperatura	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C		
	Oxigenación	si	si	si	si	si			
INDICADOR	Cantidad del consorcio	20 g	20 g	10 g	10 g	.	Inoculación del consorcio		
Día 1	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	Inicial	7	7	7.5	7.5	8	
			final						
		Temperatura	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C		
	Oxigenación	si	si	si	si	si			
INDICADOR	Cantidad del consorcio	5g	5g	3g	3g	.			
Día 2	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	Inicial	7	7	7.5	7.5	8	
			final						
		Temperatura	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C		
	Oxigenación	si	si	si	si	si			
INDICADOR	Cantidad del consorcio	5g	5g	3g	3g	.			
Día 3	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	Inicial	7	7	7.5	7.5	8	
			final						
		Temperatura	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C		
	Oxigenación	si	si	si	si	si			
INDICADOR	Cantidad del consorcio	5g	5g	3g	3g	.			

Día 4	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7	7	7.5	7.5	8	Se reguló el pH
			final	8	8	8	8	9	
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	
Día 5	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7.5	7.5	8	8	9	
			final						
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g		
Día 6	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7	7	8	8	9	
			final						
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	
Día 7	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7	7	7.5	7.5	9	
			final						
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	
Día 8	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7	7	7.5	7.5	9	Se reguló el pH
			final	8	8	8	8	10	
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	
Día 9	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	7	7	7.5	8	9	
			final						
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	
Día 10	CONDICIONES ÓPTIMAS	ph	inicial	6.5	6.5	7.5	7.5	9	Se reguló el pH
			final	8	8	9.5	9.5	10	
		Temperatura		30°C	30°C	30°C	30°C	30°C	
		Oxigenación		si	si	si	si	si	
	INDICADOR	Cantidad del consorcio		5g	5g	3g	3g	.	

## ANEXO 7 – ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MUESTRA INICIAL



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-CA  
CON REGISTRO N° IE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-2548

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : LEIDY FERNANDEZ LLAMOCA  
2.-DIRECCIÓN : BENIGNO BALLON FARFAN , JACOBO HUNTER  
3.-PROYECTO : TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL LACTEA.  
4.-PROCEDENCIA : SERVICIOS INKARI EIRL  
5.-SOLICITANTE : LEIDY FERNANDEZ LLAMOCA  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 05-22-0736  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-03-03

#### II. DATOS DE ÍTEM DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1  
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-03-22  
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-03-22 al 2022-03-03

LEE F. Garipo Garipo  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211862

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-22-2548**

**EL MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Amoníaco <sup>(1)</sup>	SMEDWW-APHA-AWWA-WSF Part 4500-NH <sub>3</sub> D, 23 rd Ed. 2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Asenias <sup>(2)</sup>	EPA 300.0 Rev. 2-1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of Inorganic anions by Ion chromatography
Demanda Biológica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEDWW-APHA-AWWA-WSF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEDWW-APHA-AWWA-WSF Part 5220 C, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Fósforo Total <sup>(1)</sup>	SMEDWW-APHA-AWWA-WSF Part 4500-P B (Item 5) y E, 23 rd Ed. 2017	Phosphorus. Ascorbic Acid Method

<sup>(1)</sup> EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis

<sup>(2)</sup> SMEDWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

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

<sup>(2)</sup> Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-2548

IV. RESULTADOS

ITEM		1		
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-22-07602		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		A1		
COORDENADAS:		E:72 258236		
UTM WGS 84:		N:18 485220		
PRODUCTO:		Agua Residual		
SUB PRODUCTO:		Efluente Industrial		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:		22-02-2022 07:30		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Amoníaco (*)	mg NH4/L	0,006	0,012	1,928
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	8 536,2
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	6,0	8 904,8
Fósforo Total (*)	mg/L	0,004	0,010	1,964
<b>Aniones</b>				
Borato <sup>1</sup>	mg/L	0,01	0,01	+0,01
Bromuro <sup>1</sup>	mg/L	0,02	0,06	+0,06
Clorato <sup>1</sup>	mg/L	0,12	0,30	+0,30
Cloruro <sup>1</sup>	mg/L	0,06	0,30	+0,30
Cianuro <sup>1</sup>	mg/L	0,4	1,0	75,8
Dicromato <sup>1</sup>	mg/L	0,01	0,02	+0,02
Fluor <sup>1</sup>	mg/L	0,06	0,30	+0,30
Fierro <sup>1</sup>	mg/L	0,06	0,30	+0,30
Monocromato <sup>1</sup>	mg/L	0,1	0,2	+0,2
N-Nitrato <sup>1</sup>	mg/L	0,004	0,011	0,142
N-Nitrito <sup>1</sup>	mg/L	0,006	0,015	+0,216
N-Nitrato+N-Nitrito <sup>1</sup>	mg/L	0,004	0,011	0,147
Nitrato <sup>1</sup>	mg/L	0,02	0,06	0,63
Nitrito <sup>1</sup>	mg/L	0,02	0,06	+0,06

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

<sup>1</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*< L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*< L.D.M.

\*: No ensayado

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-2548**

<b>ITEM</b>				<b>1</b>
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-47922
CÓDIGO DEL CLIENTE:				A1
COORDENADAS:				E:72.238238
UTM VIGES 94:				N:18.435220
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Efluente Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				22-02-2022 07:30
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
Nitros+Nitato <sup>†</sup>	mg/L	0,02	0,26	0,68
P-Oxalato <sup>†</sup>	mg/L	0,04	0,10	40,38
Sulfato <sup>†</sup>	mg/L	0,2	0,6	210,1

<sup>†</sup> Ensayo acreditado por el IAS

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.

†/: No ensayado

NA: No Aplica

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

**"FIN DE DOCUMENTO"**

## ANEXO 8 – CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRA INICIAL

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L. 10000 M. 10000		
Fecha de inicio: _____ Fecha final: _____ Puntaje de control: <u>200g. FERRONIS</u> Dirección: <u>Ind. de agua potable - 4-01-0001 con 190104301</u> Nombre del proyecto: <u>Tecnicidad de Agua Potable - Agua</u>												Orden de trabajo: <u>05-22-0330</u> Pg. <u>1</u> de <u>1</u> Plan de Muestreo: <u>CC-22-21282</u> Método de muestreo: <u>IE-22-2548</u> Descripción o lugar de muestreo: <u>Wrenco, Ind. de Agua</u>		
Punto de muestreo / Ubicación	Código de identificación	Muestra	Clasificación	Observaciones	IP (Pasado)	Muestreo					IP (Presente)	IP (Futuro)	IP (Total)	Observaciones
						1	2	3	4	5				
1	A1	7922	Agua	Agua potable	X	✓	✓	✓	✓	✓				
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

Muestra		Laboratorio				Observaciones de la Muestra Agua Potable	
1	Fecha de muestreo	1	2	3	4	5	6
2	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
3	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
4	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
5	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
6	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
7	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
8	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
9	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
10	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
11	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
12	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
13	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
14	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
15	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
16	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
17	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
18	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
19	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
20	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
21	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
22	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
23	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
24	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
25	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
26	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
27	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
28	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
29	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6
30	Nombre de la muestra	1	2	3	4	5	6

Muestra por: Leidy Ferronkis  
 Fecha: 22 de mayo  


Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial y total sin autorización de ALAB.

# ANEXO 9 – ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LA MUESTRA POSTERIOR AL TRATAMIENTO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 098



Registro N° LE - 098

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-4031

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: LEIDY FERNANDEZ LLAMOCA
2.-DIRECCIÓN	: BENIGNO BALLON FARFAN, JACOBH HUNTER
3.-PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
4.-PROCEDENCIA	: BENIGNO BALLON FARFAN - J.H.
5.-SOLICITANTE	: LEIDY FERNANDEZ LLAMOCA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-22-1277
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-04-04

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 5
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-03-21
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-03-21 al 2022-04-04

  
Ulysses Quipe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 221662

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-22-4031

EL MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Biológica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method

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

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

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-4031

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-12286	M-22-12287	M-22-12288	M-22-12289			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	GE1	GE2	GE3	GE4			
COORDENADAS:	E-7123415	E-7123415	E-7123415	E-7123415			
UTM VRSZ SK:	N-1828196	N-1828196	N-1828196	N-1828196			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Efluente Industrial	Efluente Industrial	Efluente Industrial	Efluente Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	21-03-2022 08:30	21-03-2022 08:39	21-03-2022 08:47	21-03-2022 08:58			
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.O.N.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	4 500,0	5 083,8	2 211,4	1 360,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	6,0	7 902,1	9 138,8	3 499,0	2 162,7

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

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, (\*) Menor que el L.O.M.

L.O.N.: Límite de detección del método, (\*) Menor que el L.O.M.

NA: No analizado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-4031

ITEM				E
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-12290
CÓDIGO DEL CLIENTE:				SC
COORDENADAS:				E-7135415
UTM VIGS 84:				N-1029196
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Efluente Industrial
DESTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				21-03-2022 09:04
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD <sub>5</sub> )	mg/L	0,4	2,0	5 047,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	2,0	5,0	5 918,1

☐ Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

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.

\*/\*: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

