

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la  
recuperación de las aguas residuales de las queserías del  
distrito de Matahuasi, Concepción-Junín 2019**

Diana Carolina Rodriguez Robles

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2020

---

---

---

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

**ASESOR**

Mg. Blga. Verónica Nelly Canales Guerra

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Continental por haberme abierto las puertas de la enseñanza, brindarme la oportunidad de tener una carrera profesional y poder desarrollarme como profesional, a Dios por darme la perseverancia, entendimiento, capacidad para poder realizar el proyecto de investigación y culminar con esta importante etapa de mi vida.

A mi familia por brindarme su apoyo y confianza para no rendirme en mi meta planteada, por estar conmigo en este duro trayecto a lo largo de mi carrera profesional, son mi modelo y ejemplo a seguir.

Agradezco a la Mg. Blga. Verónica Nelly Canales Guerra, que con su experiencia a lo largo de su vida profesional supo brindarme su ayuda, esfuerzo, tiempo y apoyo en todo el desarrollo y culminación de mi proyecto de investigación.

A la Facultad de Ingeniería Ambiental, a los docentes y a todas aquellas personas que pusieron un granito de arena contribuyeron a formarme como profesional por medio de sus enseñanzas y amistad brindada.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, es quien me proporciona salud, vida y me guía en cada paso que doy, también por darme la sabiduría para no rendirme y alcanzar mis objetivos trazados.

A mis padres Jesús Rodríguez Oré y Leonor Robles Prada por haberme dado la vida y ser mi apoyo incondicional en cada uno de mis logros y fracasos, por creer en mí, orientándome para que, con esfuerzo, dedicación y con la bendición de Dios todo se puede lograr, han sido una herramienta vital para cultivar en mí buenos hábitos tanto en lo personal, profesional, por todo esto les estaré siempre agradecida

## ÍNDICE

PORTADA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ASESOR .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE .....	VI
LISTA DE TABLAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE GRÁFICOS.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.1.1. PROBLEMA GENERAL .....	18
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	18
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	20
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	20
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	20
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	20
1.4.3. VARIABLES.....	21
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	25
2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	25
2.2.1. Aguas residuales.....	25
2.2.2. Industria láctea.....	28
2.2.3. Microorganismo <i>Paramecium caudatum</i> .....	33
2.2.4. Parámetros físico-químicos .....	38
2.2.5. Calidad del agua .....	39
2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE MATAHUASI.....	41
2.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	42
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>45</b>
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.1. Método y tipo de investigación.....	45
3.1.2. Alcance de la investigación .....	45
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	45
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	46
3.4. DISEÑO MUESTRAL.....	48
3.4.1.ETAPA 1: Crecimiento y aislamiento del microorganismo <i>Paramecium caudatum</i> ..	48
3.4.2.ETAPA 2: Toma de muestra del agua residual .....	50
3.4.3.ETAPA 3: Evaluación de los parámetros.....	51
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	51
3.5.1. Conteo de paramecios .....	51
3.5.2. Crecimiento de <i>Paramecium caudatum</i> .....	53
3.5.3. Técnica de análisis de datos .....	54
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información.....	57

4.1.1.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en la turbidez.....	58
4.1.2.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en el pH.....	61
4.1.3.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en los sólidos suspendidos totales.....	65
4.1.4.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en la conductividad eléctrica.....	69
4.1.5.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en el oxígeno disuelto...73	
4.1.6.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en la demanda bioquímica del oxígeno.....	77
4.1.7.	Resultados de la influencia del <i>Paramecium caudatum</i> en la demanda química del oxígeno.....	81
4.1.8.	Resultados de las variaciones en el tamaño de la población del <i>Paramecium caudatum</i> .....	85
4.1.9.	Resultados de los parámetros finales de las muestras de agua residual láctea..	88
4.2.	Prueba de hipótesis .....	88
4.3.	Discusión de resultados .....	101
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>104</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>105</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		<b>106</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>112</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características De Las Aguas Residuales .....	27
Tabla 2: Valores Máximos Admisibles .....	40
Tabla 3: Límites Máximos Permisible .....	41
Tabla 4: Caracterización inicial de las muestras de agua residual láctea de la quesería .....	47
Tabla 5: Medición de la Turbidez en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo. ....	58
Tabla 6: Medición del pH en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	61
Tabla 7: Medición de los SST en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	65
Tabla 8: Medición de la CE en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	69
Tabla 9: Medición del OD en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	73
Tabla 10: Medición del DBO <sub>5</sub> en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	77
Tabla 11: Medición del DQO en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.....	81
Tabla 12: Crecimiento poblacional de <i>Paramecium caudatum</i> en la muestra de agua residual láctea del efluente y del vertimiento con las diferentes dosis.....	85
Tabla 13: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	89
Tabla 14: Estadísticos del incremento de la recuperación de aguas residuales.....	90
Tabla 15: Prueba de la hipótesis general.....	90
Tabla 16: Estadísticos descriptivos de la demanda Biológica del Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	91
Tabla 17: Prueba de la hipótesis específica 1.....	92
Tabla 18: Estadísticos descriptivos de la Demanda química del oxígeno (DQO).....	93
Tabla 19: Prueba de la hipótesis específica 2.....	93
Tabla 20: Estadísticos descriptivos del pH.....	94
Tabla 21: Prueba de la hipótesis específica 3.....	95
Tabla 22: Estadísticos descriptivos del índice de turbidez.....	96
Tabla 23: Prueba de la hipótesis específica 4.....	96
Tabla 24: Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica .....	97
Tabla 25: Prueba de la hipótesis específica 5.....	98
Tabla 26: Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales .....	99
Tabla 27: Prueba de la hipótesis específica 6.....	99
Tabla 28: Estadísticos descriptivos del oxígeno disuelto (OD) .....	100
Tabla 29: Prueba de la hipótesis específica 7.....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Canal de desembocadura	Figura 2 Desembocadura al río directamente .....	17
Figura 3: Grafico del proceso productivo de la industria láctea .....		30
Figura 4: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad.....		32
Figura 5: Estructura típica de un ciliado ejemplificada por medio de un ejemplar de Paramecio. ....		35
Figura 6: Estructura del Paramecium caudatum .....		36
Figura 7: Mapa del Distrito de Matahuasi.....		42
Figura 8: Mapa de la ubicación de la empresa Muestreada .....		47
Figura 9: Esquema del protocolo de reproducción de <i>Paramecium caudatum</i> .....		48
Figura 10: Metodología de Conteo del <i>Paramecium caudatum</i> .....		52
Figura 11. Crecimiento del <i>Paramecium caudatum</i> .....		53
Figura 12: Crecimiento del <i>Paramecium caudatum</i> .....		54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamiento de la turbidez del agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	58
Gráfico 2: Comparación de la media de la turbidez del agua residual lácteo del efluente con la muestra control.....	59
Gráfico 3: Comportamiento de la turbidez del agua residual láctea del vertimiento con las distintas dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	60
Gráfico 4: Comparación de la media de la turbidez de la muestra del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.....	60
Gráfico 5: Comparación de las medias de la turbidez del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	61
Gráfico 6: Comportamiento del pH del agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	62
Gráfico 7: Comparación de la media del pH del agua residual láctea del efluente con la Muestra control. ....	63
Gráfico 8: Comportamiento del pH en las muestras de agua residual láctea del vertimiento con las distintas dosis de <i>Paramecium caudatum</i> aplicadas. ....	63
Gráfico 9: Comparación de la media del pH en las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.....	64
Gráfico 10: Comparación de medias del pH en las aguas residuales del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	65
Gráfico 11: Comportamiento de los SST en el agua residual láctea del efluente con las dosis de <i>Paramecium caudatum</i> aplicadas. ....	66
Gráfico 12: Comparación de la media de los SST del agua residual láctea del efluente con la muestra control.....	67
Gráfico 13: Comportamiento de los SST de las muestras del agua residual del vertimiento con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	67
Gráfico 14: Comparación de la media de los SST de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.....	68
Gráfico 15: Comparación de medias de los SST del agua residual láctea del efluente y del vertimiento con las dosis 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.....	69
Gráfico 16: Comportamiento de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	70
Gráfico 17: Comparación de la media de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del efluente con la muestra control. ....	71
Gráfico 18: Comportamiento de la conductividad eléctrica de las muestras de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	71
Gráfico 19: Comparación de la media de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.....	72
Gráfico 20 Comparación de medias de la conductividad eléctrica del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.....	73
Gráfico 21: Comportamiento del oxígeno disuelto del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	74
Gráfico 22: Comparación de la media del oxígeno disuelto del agua residual láctea del efluente con la muestra control. ....	75
Gráfico 23: Comportamiento del oxígeno disuelto de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	75
Gráfico 24: Comparación de la media del oxígeno disuelto de las muestras de agua residual láctea del vertimiento con la muestra control. ....	76
Gráfico 25: Comparación de las medias de oxígeno disuelto del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	77
Gráfico 26: Comportamiento del DBO5 en el agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	78

Gráfico 27: Comparación de la media de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) en el agua residual láctea del efluente con la muestra control. ....	79
Gráfico 28: Comportamiento del DBO <sub>5</sub> de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	79
Gráfico 29: Comparación de la media del DBO <sub>5</sub> de las muestras del agua residual láctea del vertimiento entre la muestra control. ....	80
Gráfico 30: Comparación de medias del DBO <sub>5</sub> del agua residual láctea del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	81
Gráfico 31: Comportamiento del DQO en la muestra del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> aplicadas. ....	82
Gráfico 32: Comparación de la media de la demanda química del oxígeno (DQO) del agua residual láctea del efluente con la muestra control.....	83
Gráfico 33: Comportamiento del DQO de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> aplicadas. ....	83
Gráfico 34: Comparación de la media del DQO de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.....	84
Gráfico 35: Comparación de las medias del DQO del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	85
Gráfico 36: Crecimiento poblacional de <i>Paramecium caudatum</i> en la muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis aplicadas.....	86
Gráfico 37: Comportamiento del crecimiento del paramecium caudatum de la muestra de agua residual láctea del vertimiento. ....	87
Gráfico 38: Comparación de la media del crecimiento del <i>Paramecium caudatum</i> en las aguas residuales del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL. ....	87

## RESUMEN

El presente trabajo se realiza en el distrito de Matahuasi, donde existen aproximadamente 26 empresas que se dedican al procesamiento de lácteos, con el propósito de determinar la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi, mediante la medición de las variaciones de los parámetros físico-químicos (pH, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno).

El presente estudio tiene un diseño experimental bajo condiciones controladas de laboratorio observando la acción del *Paramecium caudatum* en el agua residual láctea.

Para la experiencia se obtienen de la empresa dos tipos de muestras: agua residual láctea del efluente y del vertimiento. Primero obtenemos 10 sub-muestras, luego debido a que son muy concentradas, se decidió diluir en una relación de 1:1 con agua destilada, de ellas la primera se toma como control (sin tratamiento) y las otras cuatro se someten a tratamiento con diferentes dosis de cultivo de protozoo (25 mL, 50 mL, 75 mL y 100 mL).

El experimento tiene una duración de 30 días, los parámetros serán evaluados cada 2 días. Para el respectivo análisis de los resultados se usa el estándar de calidad de agua (ECA) Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Los resultados evidencian la influencia del *Paramecium caudatum* en cada uno de los parámetros evaluados, habiéndose encontrado una disminución de estos de manera gradual en los días de tratamiento, infiriendo que este microorganismo tiene la capacidad de recuperación de las aguas residuales lácteas lo que nos dice que redujeron los valores altos de contaminación. Obteniendo que no hay una dosis mejor que otra, sino que presentan una influencia similar. Se debe tener en cuenta que este método para la remoción de materia orgánica en este tipo de agua residual podría aumentar su eficiencia al mezclarla con otros microorganismos que actúen de la misma forma disminuyendo los contaminantes.

## ABSTRACT

This work is carried out in the district of Matahuasi, where there are approximately 26 companies that are dedicated to dairy processing, with the purpose of determining the influence of the protozoan *Paramecium caudatum* on the recovery of wastewater from the cheese shops of the Matahuasi district, by measuring the variations in physical-chemical parameters (pH, turbidity, dissolved oxygen, electrical conductivity, Total Suspended Solids, Biochemistry Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand).

This study has an experimental design under controlled laboratory conditions observing the action of *Paramecium caudatum* in milk waste water.

For the experience two types of samples are obtained from the company: residual water milk from effluent and pouring. First we get 10 sub-samples, then because they are very concentrated it was decided to dilute in a ratio of 1:1 with distilled water, of which the first is taken as a control (without treatment) and the other four undergo treatment with different culture doses of (25 mL, 50 mL, 75 mL and 100 mL).

The experiment lasts 30 days, the parameters will be evaluated every 2 days. For the respective analysis of the results, the Water Quality Standard (ECA) Supreme Decree No. 004-2017-MINAM and Supreme Decree N° 021-2009-HOUSING.

The results show the influence of *Paramecium caudatum* on each of the parameters evaluated, having found a decrease in these gradually in the days of treatment, inferring that this microorganism has the resilience of dairy wastewater which tells us that they reduced the high pollution values. Getting that there is no better dose than another, they have a similar influence. It should be noted that this method for the removal of organic matter in this type of waste water could increase its efficiency when mixed with other microorganisms that act in the same way by reducing contaminants.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más frecuentes en la actualidad es la contaminación del recurso hídrico y debido a que tiene varias causas que se presentan en diferentes formas. Está relacionado con los cambios demográficos, ya que a medida que las poblaciones crecen utilizan más agua para sus actividades cotidianas originando cambios físicos, químicos y biológicos.

En la industria de alimentos, particularmente la producción de productos lácteos, vierte en sus efluentes concentraciones elevadas de materia orgánica y en menor cantidad material inorgánico. Nuestro país cuenta con una ley de vertimientos de efluentes industriales al alcantarillado DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA, donde regula los valores máximos admisibles (VMA) de los parámetros físico-químicos que no deben ser superados. De esta forma el tratamiento de los vertimientos se convierte en una necesidad, tanto en el aspecto económico como en el aspecto ambiental (mitigando la contaminación y preservando los cuerpos de agua).

Las aguas residuales lácteas tienen una similitud a la mayoría de otras aguas residuales de las agroindustrias, caracterizada por tener una alta demanda biológica de oxígeno (DBO) entre 2000 y 3000 mg/L y una DQO entre 2000 y 4000 mg/L (1) concentraciones que representan un elevado contenido orgánico y altos niveles de sólidos disueltos o suspendidos, que incluyen grasas, aceites y nutrientes tales como amoníaco, minerales y fosfatos (2). Generalmente son neutras o poco alcalinas, con tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo debido a la ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, haciendo que el pH descienda a 4,5 - 5,0 y las altas concentraciones de materia orgánica en las aguas residuales genera problemas de contaminación a los alrededores demandando un tratamiento antes de ser descargadas en cuerpos de agua (3).

La investigación de esta problemática empieza por el interés que, viendo cómo se han incrementado dichas aguas debemos saber cómo tratarlas. Esto nos lleva a identificar tratamientos, entre ellos destaca el uso de microorganismos los cuales ayudan a disminuir la contaminación de este tipo de agua. Ésta investigación tiene como objetivo general evaluar la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi, mediante la toma de muestras y el análisis respectivo en el laboratorio.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente uno de los problemas graves que afronta el planeta es la contaminación del recurso hídrico, debido a que tiene múltiples causas y se presenta en diversas formas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever, estando relacionado directamente con los cambios demográficos de las últimas décadas, ya que a medida que se presenta un aumento de la población, hay una mayor demanda de agua para llevar a cabo sus actividades cotidianas y productivas, ocasionando cambios físicos, químicos y biológicos en el agua resultante (4).

Se dice que un agua se encuentra contaminada cuando sus características biológicas, químicas, físicas o su composición se encuentran alteradas en las cantidades límites, a causa del consumo diario o para la utilización de actividades industriales o agrícolas se presenta la pérdida de su potabilidad “Las aguas residuales se conceptualizan dependiendo a la composición de las descargas ya que son muy variadas por el uso que se le da ya sean industriales, agrícolas, pecuarios, municipales, domésticos o comerciales” (5).

El tratamiento de aguas residuales es uno de los problemas presentes en el Perú debido al aumento constante de los volúmenes generados, así como a la falta de infraestructura adecuada para su tratamiento (6). La contaminación del agua residual láctea tiene como principales causas, el aumento de nutrientes y materia orgánica que son generadas en las diferentes actividades antropogénicas como: la ganadería, la agricultura y otras, la importancia del tratamiento de las aguas residuales radica en reusar el agua y así evitar su

contaminación y la del medio ambiente (debido a los efectos que ocasiona en la producción agropecuaria) (6).

Cuando hablamos a nivel mundial, se distingue la diferencia en los porcentajes de tratamientos de aguas residuales en todos los países de acuerdo a sus ingresos. En países de ingresos altos tratan cerca del 70% de las aguas residuales municipales e industriales, un 38% en países de ingresos medios-altos, un 28% en países de ingresos medios-bajos, en países de ingresos bajos solo un 8% recibe algún tratamiento y en forma general más del 80 % de aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno (7).

Los tratamientos avanzados de aguas residuales que realizan los países de ingresos altos tienen la motivación y las ganas por conservar el medio ambiente para contar con reservas de agua como alternativa para hacerle frente a la escasez hídrica, es lo ideal, sin embargo, una práctica habitual de las industrias es verter las aguas residuales sin tratarlas, ya que no cuentan con las capacidades técnicas e institucionales, infraestructura y financiamiento esto se presenta específicamente en países en desarrollo (7).

En el estudio efectuado por SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento), donde el Perú presenta un 70% de aguas residuales que no reciben tratamiento alguno, a pesar de que se cuenta con 143 plantas de tratamiento, de las cuales solo un 14% se rigen a la normatividad vigente para su adecuado funcionamiento (8).

La OEFA (Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental) clasifica a las aguas residuales en: aguas residuales domésticas, son las que contienen desechos fisiológicos y otros que se origina de la actividad humana (residencial y comercial); aguas residuales municipales, estas se encuentran mezcladas con aguas de las lluvias o con mismas aguas residuales provenientes de las industrias, son de tipo combinado y desembocan en los sistemas de alcantarillado (aguas domésticas) y aguas residuales industriales, son aguas que se generan principalmente del desarrollo de los procesos productivos que realizan las industrias; aquí están incluidas todas las industrias como la actividad minera, energética, agrícola, agroindustrial, etc. (9).

Los contaminantes que están presentes en las aguas residuales industriales perjudican al medio ambiente, deteriorando así el desarrollo natural del ecosistema, estas aguas se han tratado por métodos convencionales; es así que en los últimos años y por las normativas exigentes que existen hoy en día, se han visto limitadas (10). Debido al incremento de contaminantes, disminución de agua tanto para el consumo humano como industrial se han impuesto mayores restricciones, lo que significa una mayor demanda de agua residual a tratar, para la creciente demanda ambiental de la descontaminación de aguas residuales

industriales se han desarrollado nuevas tecnologías, en las que se debe tomar en cuenta factores como la naturaleza, propiedades físico-químicas, factibilidad, economía, eficiencia y su aplicación (10).

En la industria quesera hay una mayor generación de aguas residuales que se caracterizan por su significativa presencia de materia orgánica, están constituidas en mayoría por restos de suero presentes en los moldes, pisos, tinas y todo el equipamiento que se hace uso para la producción de los quesos ,también el agua del lavado y restos de insumos químicos para la limpieza, en cuanto al tratamiento de estas aguas residuales lácteas se emplean habitualmente sistemas biológicos aeróbicos o anaeróbicos (11).

En el distrito de Matahuasi una de las actividades económicas predominantes es la producción de lácteos (queserías), las cuales generan aguas residuales con alta carga de materia orgánica provocando malos olores, incomodidad a la población y perjudican todas las formas de vida que se encuentran en ellas. En este sentido la generación de este tipo de aguas provoca un impacto negativo en el medio ambiente. Véase la (fig. 1 y 2)

**Figura 1 Canal de desembocadura**



**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 2 Desembocadura al río directamente**



**Fuente: Elaboración propia**

### 1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi – Concepción 2019?

### 1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del DBO<sub>5</sub> Y DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación de los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál es la influencia del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?
- ¿Cuál será la variación en el número de la población del protozoo *Paramecium caudatum* al ser aplicado en la muestra de agua residual?

## 1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi – Concepción 2019.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del DBO<sub>5</sub> Y DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación de los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar la influencia de la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* en la variación del oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.
- Determinar el conteo poblacional del protozoo *Paramecium caudatum*

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Las pequeñas y medianas empresas de procesamiento de leche en el distrito de Matahuasi, son poco mecanizadas e intensivas en la mano de obra, no cuentan con instalaciones adecuadas y por lo tanto generan cantidades considerables de aguas con residuos orgánicos. Existen alrededor de 26 empresas medianas entre formales e informales, las cuales producen queso fresco, yogurt, mantequilla y requesón. El principal residuo y por ende mayor problema es ocasionando por el suero, ya que, al ser arrojado a las acequias o desagües domésticos sin tratamiento alguno, ocasionan serios problemas medioambientales tales como, presencia malos olores, problemas a la salud, contaminación de aguas y suelos.

En conjunto las empresas productoras de queso fresco y otros derivados lácteos están desechando alrededor de 8 a 9 mil litros de suero de queso al día (12), algunos lo vierten directamente al sistema de alcantarillado doméstico y otros, sobre todo aquellos que no cuentan con instalaciones de desagüe, lo vierten en las acequias o la calle aledaña al lugar de producción de quesos, ocasionando mal olor, descomposición y por lo tanto contaminación.

Esta investigación considera que para enfrentar con seriedad la problemática medioambiental generada es necesario proponer el tratamiento de estas aguas residuales mediante la biodegradación utilizando el protozoo *Paramecium caudatum*, que se incluya al proceso de producción y que permita una solución eficaz.

### **1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La aplicación del *Paramecium caudatum* influye positivamente la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en el DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.

- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en el DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.
- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en el pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.
- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.
- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.
- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.
- La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* influye en el oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.

#### **1.4.3. VARIABLES**

- Variable independiente: influencia del protozoo *Paramecium caudatum*
- Variable dependiente: recuperación de las aguas residuales

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

En el trabajo (3) que es un estudio de “Biotratamientos de las aguas residuales en la industria láctea, tiene como objetivo realizar una revisión de los principales tratamientos que la industria láctea aplica para el tratamiento de sus aguas residuales, destacando las tecnologías que más se una ya sean biológicos y físicoquímicos, nombrando también a algunos microorganismos que son beneficiosos para el tratamiento así como microalgas, coagulantes, etc.”

En el estudio (13) “Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Láctea por electrocoagulación, menciona que las aguas residuales lácteas tienen una gran cantidad de materia orgánica, además de sólidos en suspensión y valores de pH que se encuentran en altas cantidades, traspasando los rangos admisibles, el tratamiento de la electrocoagulación es una alternativa de tratamiento químico para este tipo de aguas residuales, considerando que ofrece varias ventajas respecto a las tecnologías tradicionales”.

En la tesis (14) “Tratamiento Biológico de efluentes de la Industria Láctea Efecto de la relación C: N: P sobre la Sedimentabilidad de los Barro tiene por objetivo el de evaluar los requerimientos mínimos de P y N que es necesario para poder degradar el carbono que está presente en el efluente de la industria láctea”.

En la tesis (10) donde su objetivo es analizar el carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria láctea

“MONTEVERDE” en el barrio Rocafuerte cantón de Pillaro provincia de Tungurahua.

En el estudio (15) este documento que tiene como objetivo contribuir en la conformación de material didáctico útil para la enseñanza y aprendizaje “Atlas de Ciliados y otros Microorganismos frecuentes en Sistemas de Tratamiento aerobio de Aguas Residuales”.

En el trabajo (16) “Cultivo de Protozoarios Ciliados de Vida libre a partir de muestras de agua del Lago de Maracaibo donde presenta una metodología sencilla de usar, práctica y económica para el cultivo de protozoarios ciliados de vida libre, en aguas superficiales a partir de muestras”.

En la sección del libro (17) donde es una recopilación de técnicas de microbiología “ Como Abordar Y Resolver Aspectos Prácticos de la Microbiología” en la enumeración de los microorganismos.

Es un estudio (4) “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EMR) Sobre la Calidad de un Agua Residual Doméstica el objetivo de este trabajo fue monitorear algunos cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se presentaron en el agua residual domestica (ARD) al aplicar 3 diferentes concentraciones de microorganismos eficaces (EM), evaluando su efecto en la calidad del agua como el efecto de la profundidad en la acción de EM y viendo la relación entre los parámetros”.

En el siguiente estudio (18) se realiza una caracterización de los parámetros de calidad de agua con el objetivo de disminuir la contaminación que genera la producción de lácteos, estudiando las aguas desalojadas por las empresas lácteas y cambios que se produce en los parámetros de calidad que se descarga en la alcantarilla ”.

En el siguiente trabajo (19) “*Efficient microorganisms in polluted water treatment* tiene como objetivo evaluar los cambios físicos, químicos y microbiológicos producidos en las aguas residuales tras el suministro del Versaklin (conjunto de microorganismos) en 10 puntos de la zanja del municipio de Guines, provincia de Mayabeque, Cuba muestreando cada 0, 24 y 48 horas después de la aplicación”.

Se lleva a cabo el estudio (20) “Los protozoos ciliados como bioindicadores en el tratamiento de las aguas residuales, donde se hace uso del tratamiento biológico del agua residual para el funcionamiento del sistema de depuración, teniendo en

cuenta la relación: la densidad de la población y estructura de los ciliados, y así obtener las causas de la alteración de las comunidades de paramecios”.

En el estudio (21) “Identificación de microorganismos bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales es un trabajo de investigación se enfoca en el conocimiento de los organismos bioindicadores presentes en los lodos activados de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de efluentes industriales”.

En la tesis (22) “Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos, la industria láctea genera aguas residuales de tipo industrial el cual posee altas cargas de contaminantes que en cuerpos receptores producen impactos negativos para el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes es necesario técnicas de tratamiento, los resultados evidencian la disposición de la mezcla de microorganismos benéficos (MB) para disminuir los contaminantes del agua residual”.

En el estudio (23) “Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras demuestra los efectos producidos por los microorganismos eficientes (ME) para el tratamiento de estas aguas residuales de la granja porcina de Zamorano mediante la evaluación de la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos totales (ST) ”.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Es un libro (24) “ Análisis del Sector Lácteo en peruano, publicado por el Ministerio de Agricultura en diciembre en la investigación se tuvo como objetivo de exponer el planteamiento histórico, de la auditoría del último ciclo y del derecho alimentario, aspectos tratados sobre el sector lácteo peruano analizando a la cadena láctea con métodos diferentes”.

En la tesis (25) “Evaluación de la Tratabilidad del Efluente Generado por la Planta Piloto de Leche UNALM Aplicando un Reactor UASB presentada para optar el grado académico de Ingeniero Ambiental, la investigación hace una evaluación de la tratabilidad del efluente que se genera en la planta piloto de leche UNALM mediante un reactor que hace posible tener una opción de tratamiento para disminuir el efecto de la contaminación que produce el vertimiento de la planta de lácteos”.

En el estudio (26) “Uso de Microorganismos Eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea, investigación tiene por objetivo mejorar la calidad de las aguas residuales de la industria láctea mediante el uso de microorganismos eficientes para la deducción de los parámetros tales como la demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (AyG), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno amoniacal y pH, para cumplir con el valor máximo admisible”.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Según en el libro (12) “Una Mirada diferente a la cadena de Lácteos en Matahuasi constituye un ensayo que pretende explicar las características de la cadena de lácteos en el distrito, principalmente de los numerosos pequeños y medianos productores de queso fresco y su repercusión en la inocuidad del mismo”.

En la tesis (27) “Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja, basa sus objetivos en la determinación de los efectos de los microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de agua y lodo residual de la PTAR Jauja, la aplicación de los microorganismos eficaces se realizó bajo la siguiente presentación en solución o EM activado, para ello se realizaron evaluaciones a los 0; 30; 60 y 90 días después del tratamiento para determinar el efecto de estos microorganismos sobre la calidad del agua residual (pH, DBO, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión, olor, color (aspecto) y temperatura) y el lodo residual (pH, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, olor, color (aspecto))”.

## **2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.2.1. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales se definen como aquellas que, por el uso del hombre (actividades antropogénicas), representan un peligro cuando son arrojadas al ambiente por su gran contenido de sustancias tóxicas y/o microorganismos perjudiciales (28).

También menciona que estas aguas proceden de la actividad industrial en cuyo proceso se utiliza el recurso agua para la producción, manipulación o transformación

de productos; aquí se incluye los líquidos residuales, agua de los procesos y de drenaje(10).

Se les conoce como aguas residuales a las que se generan en un determinado proceso y presentan diferentes tipos de contaminantes, dependiendo de su procedencia. Estos contaminantes en altas concentraciones representan una amenaza para el medio ambiente, ya que alteran las características iniciales del medio natural donde se produce la descarga y por razones ambientales las aguas residuales no deben ser vertidos sin tratamiento alguno (27).

### **2.2.1.1. Aguas residuales lácteas**

La industria láctea genera aguas residuales con una contaminación principalmente de carácter orgánico (DQO y DBO elevadas), con elevadas concentraciones de grasas, también nitrógeno y fósforo, aunque el DBO media puede estar en torno a 3000-4000 mg O<sub>2</sub>/L y los vertidos muestran una alta variabilidad, la composición depende fundamentalmente del proceso que genera las aguas residuales y del producto que se prepara. Generando que el suero que se produce en la elaboración de quesos tenga un DBO del orden de 40000-50000 mg O<sub>2</sub>/L (29).

Las aguas residuales lácteas generalmente son débilmente alcalinas o neutras con tendencia a tornarse ácidas demasiado rápido, debido a que hay presencia de la fermentación del azúcar de la leche generándose el ácido láctico, la formación simultánea del ácido butírico y la falta de oxígeno puede descender el pH a 4,5-5,0. La alta concentración de materia orgánica, provoca problemas de contaminación a los alrededores, requiriendo tratamiento antes de ser descargadas en cuerpos de agua (3).

En cuanto nos referimos al problema medioambiental que ocasiona la industria láctea debido a la generación de aguas residuales, ya sea por su volumen como por la carga contaminante (fundamentalmente orgánica). En cuanto al volumen de aguas residuales generado por una empresa láctea se pueden encontrar valores que oscilan entre 2 y 6 L de leche procesada (30).

En la tabla 1 se muestra la composición de las aguas residuales de la industria láctea por diferentes autores; donde se ve cada uno de los parámetros y concentraciones que presenta.

**Tabla 1: Características De Las Aguas Residuales**

Parámetros	Kushwaha, Srivastava, y Mall, (2010b)	Torres, Rodríguez, y Uribe, (2003)	Arango y Sanches, (2009)	Santamaría, Álvarez, Díaz, y Zamora (2015)	Normatividad colombiana, Resolución 631 de 2015
pH	6,3 - 6,8	4,7	7,6	4,74	6,0-9,0
DQO (mg/L)	3900	-	24813	18400	900
DBO (mg/L)	2300	3300	-	12500	450
DQO/DBO	1.69		-	1.47	2
Sólidos totales (mg/L)	3090	3030	40827	36,620	200
Sólidos volátiles (mg/L)	2810	-	18164	4,848	-
Sólidos totales fijos (mg/L)	280	-	-	4,848.	5
Turbidez	1744	-	-	3921	5
Conductividad (S/cm)	220	-	-	7820	50-1000
Cloruro (mg/L)	31	-	-	101,9	0,5
N total (mg/L)	113,18	191	636	104,4	10

**Fuente: Biotratamientos de aguas residuales en la industria lácteos**

### 2.2.1.2. Usos

Las aguas residuales lácteas generadas se clasifican de acuerdo a su función de uso: procesos, limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos, perdidas de producto, lacto suero y fermentos que vierten pH extremos, con altos contenidos orgánicos (DBO<sub>5</sub> y DQO), aceites y grasas, además de sólidos y suspensión (10).

### 2.2.1.3. Tratamientos

El tratamiento para las aguas residuales lácteas generadas, se aborda desde diferentes estrategias: un tratamiento convencional para eliminar la materia orgánica disuelta, principalmente hace uso de un proceso biológico aerobio ya que esta comprende aproximadamente el 70% del total; dichas aguas se tratan biológicamente mediante un sistema que permita la eliminación de nutrientes (31).

Se identifica diferentes tipos de tratamientos biológicos para aguas residuales tales como: tratamiento en estanques, plantas de lodos activados y tratamientos anaerobios, a su vez métodos fisicoquímicos: tratamiento electroquímico, la coagulación, la adsorción, entre otros que no son capaces de degradar completamente y eliminar los contaminantes; particularmente compuestos orgánicos disueltos (3).

En la actualidad el método fisicoquímico más utilizado es el de la coagulación-floculación; el cual pretende formar aglomerados de partículas contaminantes, presentes en suspensión o disueltos, formando macroagregados para luego ser removidos por sedimentación o filtración (3).

Las aguas residuales lácteas habitualmente son tratadas mediante el uso de un proceso de lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, reactor discontinuo secuencial (SBR), manto de lodo anaeróbico y reactor de filtros anaerobios (32).

## **2.2.2. INDUSTRIA LÁCTEA**

Según (10) se menciona el componente principal de la industria láctea es la leche y se habla de un consumo de 100 litros per cápita de leche procesada en el industria; sin embargo, en diversas empresas lácteas las cifras varían, ya que la población tiene un consumo de menos 50% en productos lácteos. Situación considerada como un problema cultural y adquisitivo.

### **2.2.2.1. Composición de la leche**

En el estudio (33) menciona que la leche tiene un alto valor nutritivo y es uno de los alimentos más completos que existe en la naturaleza, y en su composición, principalmente se encuentra grasas, proteínas, carbohidratos (lactosa), calcio, minerales y sal. También contiene un 87% de agua por lo que es muy compleja y heterogénea, en donde los minerales y los carbohidratos se encuentran disueltos, las grasas como pequeñas partículas insolubles en agua y las proteínas están en forma de suspensión.

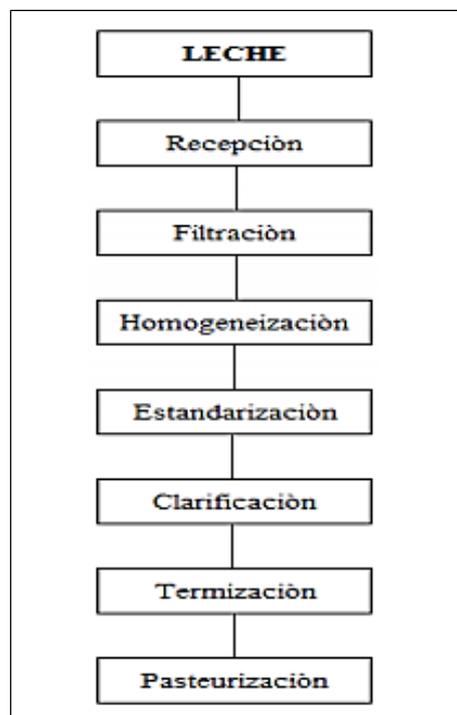
También menciona que el lacto suero (suero lácteo o suero de queso) es el líquido que se separa de la leche, cuando ésta se cuaja para la obtención del queso, son todos los componentes de la leche que no conforman la coagulación de la caseína. Para la producción de un queso de 1 a 2 kg se utiliza 10 litros de leche generando de 8 a 9 kg de suero (33). Al representar cerca del 90% del volumen de la leche, contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, la lactosa (azúcar de la leche) un 95%, proteínas un 25% y la materia grasa de la leche un 8% , el origen de la leche varia su composición y sobre todo el tipo de queso que es elaborado; pero en general el contenido aproximado es de 93,1% de agua, 4,9% de lactosa, 0,9% de proteína cruda, 0,6% de cenizas (minerales), 0,3% de grasa, 0,2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles (33).

Con los porcentajes anteriores de la fabricación del queso, se indica el enorme desecho de nutrientes (las proteínas y la lactosa); los cuales se transforman en contaminantes al ser desechados al ambiente sin ningún tipo de tratamiento, ya que debido a la alta carga de materia orgánica que contiene permite la reproducción de microorganismos ocasionando cambios significativos en la DBO del agua contaminada (33).

#### **2.2.2.2. Proceso productivo de la industria láctea**

Para la producción de la industria láctea se sigue un proceso, el cual empieza por la recepción de la leche y continua con la etapa de filtración, donde se separa la proteína del suero y se quita impurezas ya sean pelos, tierra, paja o estiércol para ello se usa una filtradora o mantel(10). Después se procede a la homogeneización que consiste en la agitación de la leche, inmediatamente se hace la estandarización, es donde la leche no pasa positivamente la prueba de contenido graso, se utiliza la clarificación para separar los sedimentos y solidos innecesarios presentes en la leche; una vez que se realiza la depuración, la leche se somete a unos procesos térmicos que pueden ser la termización que consiste en reducir la actividad enzimática o la pasteurización proceso donde se elimina a todas las bacterias que ocasionen problemas (10). No requiere refrigeración posterior fig. 3.

Figura 3: Grafico del proceso productivo de la industria láctea



Fuente: (10)

### 2.2.2.3. Proceso productivo lácteo familiares de las queserías de Matahuasi

En el distrito de Matahuasi existen numerosas micro, pequeñas y medianos productores lácteos, quienes se dedican principalmente a la elaboración de queso fresco. En el trabajo (34) ha identificado a un total de 26 productores de queso fresco que fueron encuestados con motivo de la realización de la investigación.

El número de productores es relativamente variable, puesto que no se tiene un empadronamiento formal de todos los productores en el distrito, algunos están agrupados en asociaciones de productores y otros trabajan independientemente, en su mayoría producen queso en su propio domicilio y sin condiciones adecuadas; por esta razón es que varios productores de queso no quisieron facilitar la información solicitada, pese a indicársele que se trataba de un trabajo de investigación (12).

En el año 2008, Zarate y colaboradores identificaron alrededor de 29 queserías: los pequeños productores procesaban entre 50 a 250 litros de

leche al día, los medianos productores procesaban entre 300 a 950 litros de leche por día y los denominados grandes productores entre 1000 a 2500 litros de leche por día y de estos, los pequeños y medianos productores se dedicaban a la producción de queso fresco (12).

Otra de las características de estas pequeñas empresas es que tienen una estructura familiar; participan de las actividades de la quesería el padre, la madre e hijos; así como otros familiares como tíos y sobrinos, quienes se distribuyen las diversas actividades desde el acopio de la leche, elaboración de los quesos, distribución y comercialización y por general no reciben una remuneración fija por su trabajo, sino está considerando como parte de su aporte al trabajo colectivo que hace la familia (12).

En términos generales la mayoría de las plantas queseras tienen una característica artesanal, no cuentan con procesos mecanizados, los niveles tecnológicos que operan son heterogéneos en cuanto al equipamiento con el que trabajan la mayoría de productores de queso es: utensilios de cocina no adecuados para el procesamiento de derivados lácteos, carecen de equipos y de material de laboratorio para los controles necesarios y adecuados para la garantía de inocuidad del producto que ofrecen (12).

#### **2.2.2.4. Consumo de agua**

En el sector agroalimentario la mayoría de las empresas, en este caso industrias lácteas de acuerdo a sus procesos, consumen diariamente grandes cantidades de agua, se considera condiciones sanitarias e higiénicas óptimas: el tipo de instalación y un sistema de limpieza adecuada para tener un agua de calidad, el consumo de agua en cada uno de sus procesos puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada, suele encontrarse entre 1,3-3,2 L de agua/kg de leche recibida, pudiendo alcanzar valores tan elevados como 10 L de agua/kg de leche recibida, sin embargo, es posible que con el uso de equipamientos avanzados y el manejo adecuado se puede lograr reducir el consumo hasta valores de 0,8-1,0 L de agua/kg de leche recibida (10).

- a. **AGUA POTABLE:** Es una necesidad primaria y un derecho humano fundamental para la población, en este contexto era necesario contar con un reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir este tipo de aguas para ser consideradas potables (35).

En la (fig4) se muestra la composición de los límites máximos permisibles para agua potable.

**Figura 4: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad**

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	$\text{mg L}^{-1}$	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-2} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoníaco	$\text{mg N L}^{-1}$	1,5
12. Hierro	$\text{mg Fe L}^{-1}$	0,3
13. Manganeso	$\text{mg Mn L}^{-1}$	0,4
14. Aluminio	$\text{mg Al L}^{-1}$	0,2
15. Cobre	$\text{mg Cu L}^{-1}$	2,0
16. Zinc	$\text{mg Zn L}^{-1}$	3,0
17. Sodio	$\text{mg Na L}^{-1}$	200

UCV = Unidad de color verdadero  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: (35)

### **2.2.2.5. Problema ambiental de la industria láctea**

Como se sabe actualmente la sociedad se encuentra en la búsqueda constante de soluciones para la conservación, cuidado y recuperación de los recursos naturales, con el único fin de ser aprovechados por los seres vivos. Cuando se habla del agua, que es un recurso de vital importancia para la vida cotidiana, su conservación debe ser uno de los principales objetivos de todos (33).

Aplicar un tratamiento es generar agua limpia o tener un efluente tratado que sea reutilizable para el ambiente, es importante saber el origen del vertido (industrial, doméstico, comercial, etc.). Las aguas residuales contienen cierta cantidad de contaminantes, esto dependerá de la incidencia del medio, pueden ser: grasas, aceites, metales pesados, residuos de materia fecal entre otros. La evaluación de la calidad de agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST) (33).

## **2.2.3. MICROORGANISMO PARAMECIUM CAUDATUM**

### **2.2.3.1. Aspectos fundamentales**

Según (36) los protozoos son individuos que se encuentran más frecuentes en el agua, se definen como organismos unicelulares, eucariotas con un núcleo (se encuentra el material genético) y citoplasma, tienen todas las estructuras necesarias para realizar sus funciones vitales y son bastantes especializados.

Habitan en medios acuáticos y juegan un papel importante como productores primarios, son la base de las redes alimentarias. La importancia de los protozoos heterótrofos radica en ser un paso intermedio entre niveles tróficos, cuestión de gran trascendencia en los procesos de depuración de las aguas como veremos a continuación: la importancia de estos organismos, en el sistema acuático, se basa fundamentalmente en tres razones (27):

- Consumo directo de materia orgánica del medio donde se encuentran.
- Propiciar la formación de cúmulos de materia, flóculos, a través de la excreción de materiales mucilaginosos.
- Constituir a los principales consumidores de bacterias que se desarrollan.

Los protistas son microscópicos unicelulares la mayoría son aeróbicos heterótrofos aunque hay algunos protozoarios que pueden ser anaeróbicos, en cuanto a la movilidad lo hacen mediante el uso de un flagelo o cola (27).

### **2.2.3.2. Taxonomía de los protozoos**

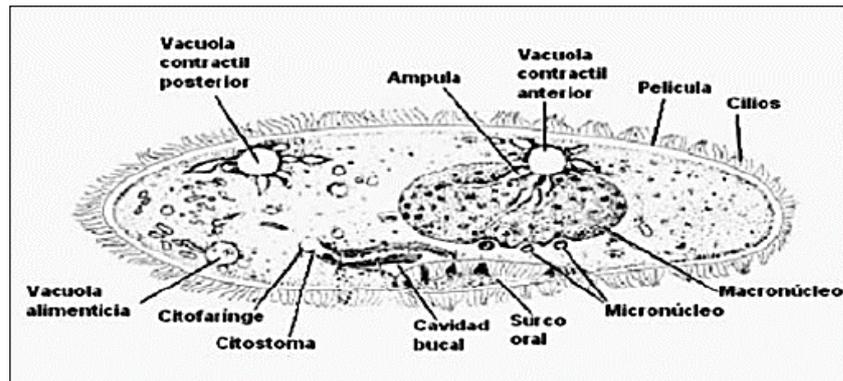
Según (15) muestra la clasificación de los protozoos realizada por Honigberg, fue adoptada por más de 16 años, en ella se agrupaba a los protozoos en cuatro *Subphyla*: *Sarcomastigophora*, *Sporozoa*, *Cnidospora* y *Ciliophora* posteriormente, como consecuencia de nuevos datos de significancia taxonómica, se hizo necesaria una nueva revisión de la sistemática del grupo, dando pie a una nueva clasificación por el comité de Sistemática y Evolución de la sociedad de Protozoología, en esta clasificación comprende siete *Phyla*: *Sacomastigophora*, *Labyrintomorpha*, *Apicomplexa*, *Microspora*, *Ascetospora*, *Myxozoa* y *Ciliophora* este esquema de clasificación al igual que el anterior, no considera las relaciones evolutivas que existen entre los organismos, sino que tiene por finalidad facilitar su estudio.

### **2.2.3.3. Ciliados**

Son microorganismos de estructura compleja (Fig. 5), y este tipo de protozoos llegan a medir hasta 4 mm de longitud los más grandes, reciben el nombre de ciliados debido a la presencia de numerosas estructuras llamadas cilios que se presentan por lo menos en alguna etapa de su ciclo de vida, cada célula ciliada presenta un citostoma (boca) conectada a una citofaringe al final de la cual se encuentran las vacuolas

digestivas que es donde la célula digiere y absorbe el contenido alimenticio, para finalmente eliminar los materiales no digeribles a través del citoprocto o citopigio (15).

**Figura 5: Estructura típica de un ciliado ejemplificada por medio de un ejemplar de Paramecio.**



Fuente: (15)

#### **2.2.3.4. Alimentación**

Su dieta alimenticia consta de bacterias, algas y levaduras, ocasionalmente pueden alimentarse de protozoos de pequeño tamaño, esto incrementa el movimiento de los cilios situados cerca y dentro del citostoma (boca) produciendo de esta manera una corriente de agua y partículas hacia su interior, las partículas de alimento se acumulan en la citofaringe, una vez que allí suficiente cantidad se genera una vacuola digestiva la cual transita un circuito específico a través del citoplasma (de la parte posterior a la anterior de la célula) durante el cual son atacadas por enzimas para su digestión, el alimento digerido es absorbido por el citoplasma (se va reduciendo el tamaño de cada una de las vacuolas) y el alimento que llega al final del circuito sin digerir es expulsado a través de un poro anal (37).

Según (38) también menciona que “El paramecio se nutre de pequeñas bacterias, algas, otros protozoos y de partículas orgánicas, el movimiento de los cilios hace posible que se cree una corriente de agua que arrastra hacia el citostoma las partículas de alimentos, reunidos en la porción

superior de la citofaringe forman una vacuola, que después de penetrar constituye una vacuola digestiva”

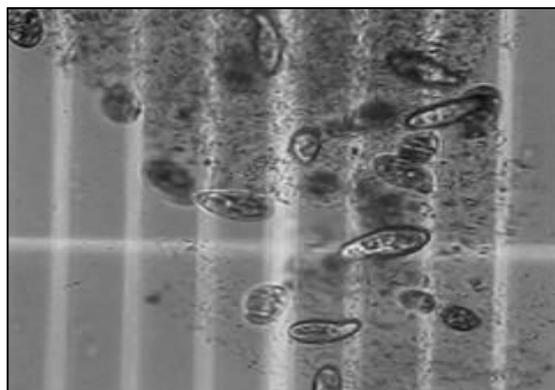
También menciona que “Su respiración es parecida a la de la ameba, es decir, el oxígeno disuelto en el agua, constituye su medio natural, ingresa a través de la membrana y se difunde por todo el organismo, de igual modo los productos de desecho de las combustiones producidas por el oxígeno, es decir, el anhídrido carbónico, la urea, son arrojados al exterior pasando a través de la membrana”(38)

A comparación de las bacterias los protozoarios tienen mayor tamaño y se alimentan estas como fuente de energía, los protozoarios consumen la materia orgánica y las bacterias que puedan encontrar en los efluentes finales de las aguas residuales (27).

#### 2.2.3.5. Morfología

El *Paramecium caudatum* presenta una estructura parecida a la forma de una zapatilla, tiene una longitud de 150 a 300 micras, algo redondeado por el extremo anterior y más aguzada en la posterior; en la figura 4 se muestra una fotografía del barrido de su anatomía externa (Véase la fig. 6) (37).

**Figura 6: Estructura del *Paramecium caudatum***



Fuente: Elaboración propia

Tiene dos núcleos: un micronúcleo más pequeño y un gran macronúcleo arriñonado. A la vista del microscopio se pueden ver estos núcleos en

ejemplares teñidos. El número de micronúcleos varía en las diferentes especies. *Paramecium multimicronucleatum* puede tener hasta siete (37).

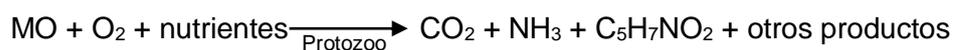
### 2.2.3.6. Reproducción de los paramecios

Se utiliza el protozoo *Paramecium caudatum* debido a que son organismos cosmopolitas, muy estudiados a nivel de su estructura anatómica, fisiológica y se hallan en cualquier material vegetal mediante una simple dieta nutricional (37).

El paramecio se reproduce por división binaria, dividiéndose por mitosis (proceso donde hay una duplicación de los cromosomas, donde se separan, yéndose la mitad en cada pareja) obteniendo cada célula hija una dotación normal del macro núcleo y dos micros núcleos (37).

### 2.2.3.7. Metabolismo del *Paramecium caudatum*

Las rutas metabólicas del protozoo son muy variables, según el estado de su ciclo vital y disponibilidad nutrientes (39). Las aguas residuales lácteas se caracterizan por su alta concentración de materia orgánica, siendo esta una fuente de alimento para el *Paramecium caudatum*. Este microorganismo utiliza la materia orgánica para formar dióxido de carbono y diferentes nutrientes (principalmente en N, P Y S) mediante la oxidación.



Donde:

- MO: materia orgánica
- $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ : materia celular formada
- $\text{NH}_3$ : nitrógeno amoniacal

La descomposición de la materia orgánica por vía aerobia se divide en tres fases principales: la hidrólisis de las moléculas orgánicas complejas en sus respectivos monómeros, la descomposición de estos monómeros en intermediarios comunes, para que al final realice el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria (40).

La acción metabólica del protozoario se inicia con la degradación de la Glucosa por la vía glicolítica que pasa por el ciclo de los ácidos tricarbóxicos finalizando con la cadena de citóchromos, donde el aceptor final de electrones es el oxígeno molecular para obtener la síntesis de ATP que es necesario para sintetizar otras sustancias(41).

Las grasas y los aminoácidos se degradan por la vía del acetyl CoA formado en el ciclo de Krebs. También el ciclo del glioxilato es muy importante en protozoarios porque se usa como fuente de energía (41).

No se conocen protozoarios que sean capaces de fijar nitrógeno atmosférico, generalmente utilizan  $\text{NH}_4^+$  y algunos usan  $\text{NO}_3^-$ . Todas las reacciones del metabolismo del *Paramecium caudatum* son similares a las de otros organismos heterótrofos que pueden utilizar como principal alimento: carbohidratos, grasa, proteínas, etanol, acetato, ácidos grasos y aminoácidos (41).

#### **2.2.3.8. Medios de cultivo**

Según (42) menciona que para ver el crecimiento de microorganismos es importante identificar las sustancias alimenticias que requiere cada una, en laboratorio. Se recrean sustancias artificiales preparadas (material alimenticio) para el crecimiento, este medio de cultivo tiene que tener factores de crecimiento y nutrientes necesarios y no debe de estar expuesto a microorganismos que contaminen el medio.

Desarrollamos un medio de cultivo líquido siguiendo el protocolo de reproducción de protozoos planteado por Wedler (1998) ha abordado a los protozoarios como alimento vivo.

#### **2.2.4. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS**

- a. **Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5):** es la cantidad de oxígeno que requiere la población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días (43)
- b. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos (44).

- c. **Potencial de Hidrogeno (pH):** Indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa (45).
- d. **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Representan a la materia orgánica en la caracterización de las aguas residuales, son materiales gruesos que poseen fracciones de sólidos fijos (10).
- e. **Turbidez:** es la disminución de la transparencia de un líquido provocada por la presencia de materia sin disolver, es nombrada turbiedad (46).
- f. **Conductividad eléctrica:** se define como la capacidad de una sustancia o elemento de conducir corriente eléctrica (47).
- g. **Oxígeno disuelto:** cantidad de oxígeno disuelto en el agua (48).

#### 2.2.5. CALIDAD DEL AGUA

Según (49) en cuanto a la calidad del agua y efluentes se establecen normativas tales como: los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua , Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las diferentes actividades industriales y Valores Máximos Admisibles. Estos son instrumentos normativos que ayudan al cuidado y conservación de los recursos hídricos en favor de la salud de las personas.

La normativa del ECA agua, reconoce una variedad de compuestos y elementos entre cargas inorgánicas, orgánicas y minerales, que pueden estar presentes en las lagunas, ríos y lagos del país; asimismo define las concentraciones bajas donde las aguas pueden ser usadas para diversas actividades. Se considera los referentes internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

En el trabajo de investigación nos enfocándonos en la categoría 3 del ECA DECRETO SUPREMO 004-2017 MINAM para riego de vegetales y bebida de animales, para la evaluación de los parámetros físico-químicos.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$		$\geq 5$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$

Fuente: Decreto supremo 004-2017 MINAM

Los parámetros controlados de los efluentes NO DOMÉSTICOS según el DS N° 021- 2009 (reglamento DS N° 010-2012 - Vivienda) pertenecen al anexo 1 y 2 que se muestra en el siguiente cuadro (50).

**Tabla 2: Valores Máximos Admisibles**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

Fuente: (50)

Aplicando también el DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM (51) que nos hace referencia a los LMP (Límites Máximos Permisible).

**Tabla 3: Límites Máximos Permisible**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (51)

### 2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE MATAHUASI

El distrito de Matahuasi fue creado por ley del 23 de octubre de 1896 (52).

Cuenta con 5268 habitantes, ubicada en la margen izquierda del río Mantaro, su toponimia proviene de dos vocablos quechuas; mata que significa unidas y huasi que significa casa; es decir dos casas unidas. Su actividad económica principal del distrito es la ganadería y la elaboración de productos lácteos, los cuales son conocidos como queserías (industrias pequeñas familiares) y entre otros productos tienen quesos (fresco, andino, mozzarella), mantequilla, manjar y yogurt.

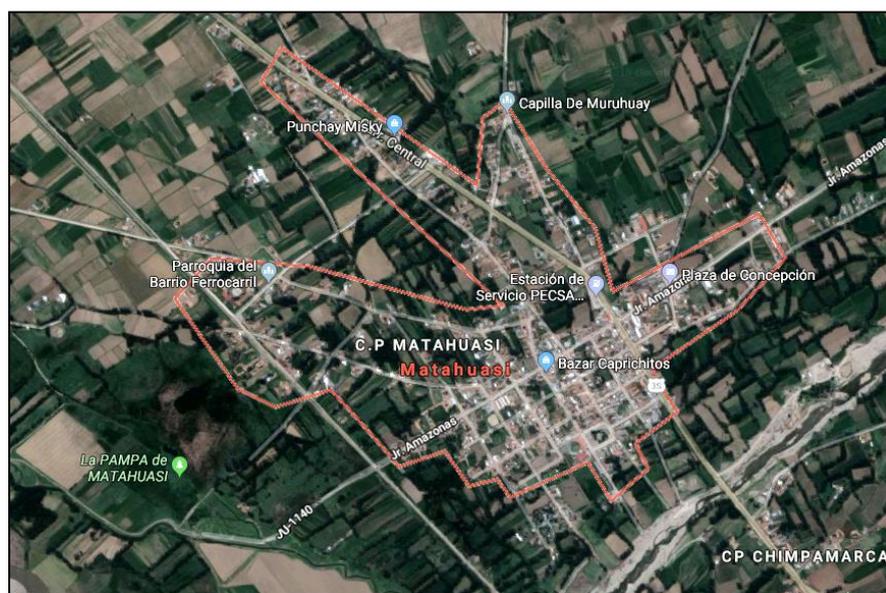
La fruta representativa del distrito es el “níspero” y en base a él se elaboran subproductos como: jaleas, mermeladas, jugos, conservas, pasteles, etc. (52)

El 20 de enero de 1988 se hace la remodelación del parque principal con alusión a “Lorenzo Yupanqui” que es considerado héroe y participó contra la invasión chilena realizada el 11 de julio de 1882. (52)

La danza típica son los auquines (52)

La bandera tiene los colores naranja (color del fruto del níspero), verde (representa la parte verde del distrito donde la presencia de plantas como la canuta, saucos) y blanco (la paz) (52).

**Figura 7: Mapa del Distrito de Matahuasi**



**Fuente: Google Maps – Satélite**

- Coordenadas geográficas: Latitud: -11.8936, Longitud: -75.3439 11° 53' 37" Sur, 75° 20' 38" Oeste
- Superficie de Matahuasi: 2300 hectáreas / 23,00 km<sup>2</sup>
- Altitud de Matahuasi: 3283 m
- Clima de Matahuasi: Clima oceánico (Clasificación climática de Köppen: Cfb)

## 2.4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Agua Residual:** Aquellas cuyas características iniciales han sido cambiadas por actividades antropogénicas (53).
- **Biodegradación:** Es la transformación de la materia orgánica en compuestos poco complejos, por la acción de microorganismos (54).
- **Bioindicadores:** son organismos vivos que tan solo la presencia o ausencia tiene una significancia relevante para el factor ambiental , son de interés científico en

investigaciones ecológicas, análisis ambientales ya sea en estudios de contaminación (55).

- **Contaminante:** representa a un compuesto que en concentraciones suficientemente altas causa daños en la vida de los organismos(56).
- **Consumo:** Cantidad de agua asignada a una persona por unidad de tiempo (57).
- **Efluente:** Es expulsado al exterior, descargando como desecho con o sin tratamiento previo; por lo general hace referencia a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales (58).
- **Estándar De Calidad Ambiental (ECA):** Es una medida que establece el nivel de concentración del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que están presentes en el aire, agua, suelo donde no hay riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (53).
- **Impacto Ambiental:** efecto o cambio sobre el ambiente que resulta de un hecho específico (54).
- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, cuando se excede ocasiona daños a la salud, al bienestar humana y al ambiente (53).
- **Monitoreo de la Calidad del Agua:** Proceso que permite tener como resultado la medición de la calidad del agua, para realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación (53).
- **Muestra de Agua:** Es la parte representativa del material a estudiar (para este caso agua natural, agua para consumo humano, agua superficial, agua subterránea, agua residual) donde se analiza los parámetros de interés(53).
- **Muestreo de Agua:** Herramienta de monitoreo ambiental, permite la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales (53).
- **Materia Orgánica:** Compuesto químico que tiene presencia de carbono combinado con otros elementos químicos, pueden ser de origen natural o antropogénico, son fuente de alimentación para las bacterias y son combustibles (59).

- **Microrganismos:** Es cualquier organismo vivo demasiado pequeño para ser observado a simple vista, como las bacterias, los virus, los protozoos, las algas unicelulares y numerosas especies de hongos (60).
- **Multiparámetro:** Instrumento que se encuentra en laboratorios el cual puede medir simultáneamente varios parámetros como pH, temperatura, conductividad, TDS y Oxígeno disuelto (53).
- **Microscopio:** Instrumento óptico de precisión alta que utiliza la luz para estudiar los detalles más pequeños de los objetos, tiene gran capacidad de aumento y se utiliza para visualizar detalles minúsculos (61).
- **Oxímetro:** Instrumento que permite en una muestra conocer la cantidad de oxígeno (62).
- **Parámetros de Calidad:** Son elementos, compuestos, indicadores, sustancias y propiedades físicas, químicas o biológicas que son de interés para la determinación de la calidad del agua (53).
- **Punto de Monitoreo:** ubicación geográfica de un punto de muestreo, donde se hace la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo natural de agua en forma periódica, en el marco de las actividades de vigilancia (53).
- **Riesgo Ambiental:** Es la probabilidad de ocurrencia de un daño o afectación sobre el ambiente que se deriva de un fenómeno natural, antropogénico o tecnológico (63).
- **Tratamiento Biológico:** Procesos de tratamiento que hace uso de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente y así reducir los contaminantes (54).
- **Turbidímetro:** instrumento de medición que se encuentra diseñado con niveles muy pequeños de luz extraviada, con el objeto de no tener una deriva significativa en el periodo de estabilización del instrumento, y también para no interferir en mediciones de turbidez de baja concentración (46).
- **Valores Máximos Admisibles (VMA):** es aquel valor máximo de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, del efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado (50).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. MÉTODO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El método utilizado, según Sampieri, es el experimental puro (64), debido a que las variables se controlan a nivel de laboratorio, y el tipo de investigación es aplicada, ya que se utilizan conocimientos de microbiología a fin de aplicarlas en el proceso de recuperación de las aguas residuales de las queserías.

#### **3.1.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Tiene un alcance explicativo (64) ya que es un estudio causal, porque se identifica las causas (variable independiente) y el efecto o resultado (variable dependiente); así como también se controlan los factores variables.

### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Según Caballero (65) la investigación comprende un “**Diseño de grupo de control con pretest y postest**”, porque nos permite controlar las variables que están ligadas con el tiempo del experimento, las medidas que están antes y después del test, teniendo en cuenta el grupo de control al que se aplica un tratamiento cero o neutral.

Su esquema es:

## EXPERIMENTAL:

**GE: 01 X 02**

Donde:

G.E: Control de la Recuperación de las aguas residuales de las queserías con la utilización del *Paramecium caudatum*.

01 Pre Test

X: Manipulación de la Variable Independiente

02 Post Test

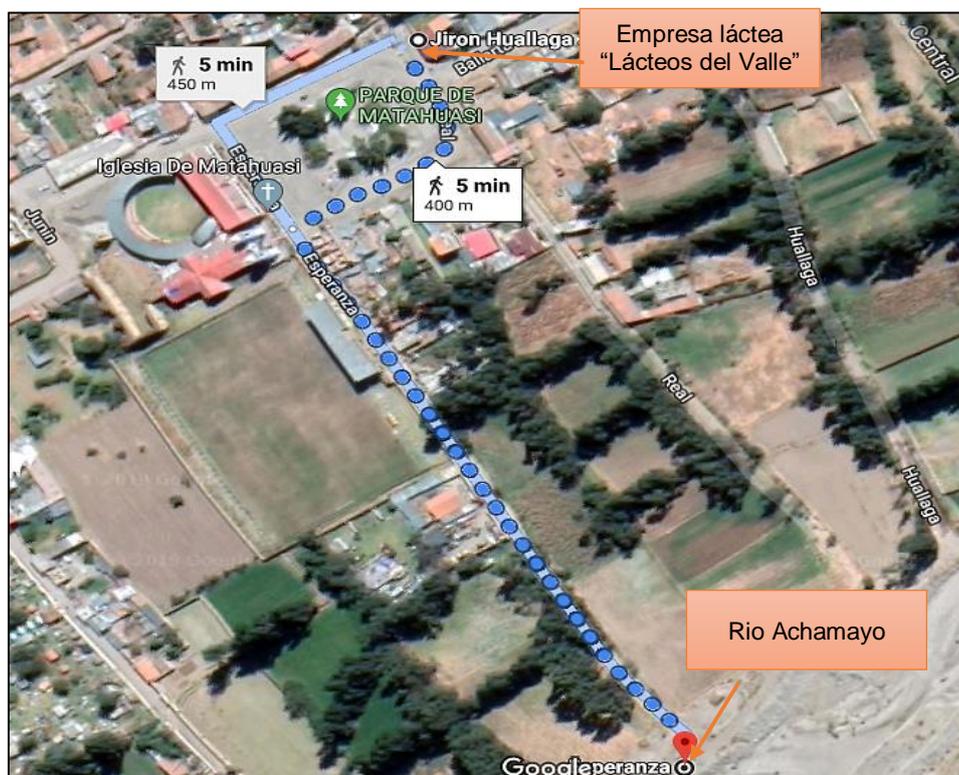
Este diseño es uno de los más usados, diseños experimentales básicos, ya que hay un control de las variables en referencia con el tiempo mas no con la administración del test y la variable experimental (65).

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

**POBLACIÓN:** En el distrito de Matahuasi se han identificado 26 productores de queso. Se toma como población 9 empresas que cuentan con desagüe (12) y que desemboca en el río Achamayo llevando sus contaminantes finalmente al río Mantaro.

**MUESTRA:** La elección de la muestra se hizo de manera no probabilística y tomando por conveniencia a la empresa “LÁCTEOS DEL VALLE – MATAHUASI”, debido a que es la única que cumple con la ubicación y cercanía al río Achamayo, debido a que a esta empresa desecha sus aguas residuales lácteas directamente al río.

Figura 8: Mapa de la ubicación de la empresa Muestreada



Fuente: Google Maps – Satélite

Antes de iniciar el experimento se realiza una caracterización de las muestras, que presentan un caudal de 8 a 9 mil litros al día. Según el PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH menciona que se debe evaluar la salida del agua en el vertimiento de la empresa y la zona de mezcla del efluente con el cuerpo receptor, evaluando los parámetros antes mencionados y tomando por referencia los siguientes trabajos: Caracterización de efluentes de la industria quesera (66) y Los vertimientos del sector lácteo (67).

Tabla 4: Caracterización inicial de las muestras de agua residual láctea de la quesería

Caudal Medio	Parámetros	Caracterización inicial de las muestras de agua residual láctea antes del tratamiento	
		Muestra de agua residual láctea de la zona de mezcla del efluente con el cuerpo receptor	Muestra de Agua residual láctea del vertimiento de la empresa
		Muestra control	Muestra control
0.38 L/hora	pH	4,12	5,34
	Turbidez	130,00	124,00
	CE	14,03	7,74
	SST	7,03	3,38
	OD	0,55	0,60
	DBO <sub>5</sub>	76,00	53,00
	DQO	15,96	17,39

Elaboración propia

### 3.4. DISEÑO MUESTRAL

#### 3.4.1. ETAPA 1: CRECIMIENTO Y AISLAMIENTO DEL MICROORGANISMO *Paramecium caudatum*

Según (37) desarrollo una metodología basada en la temática desarrollado por Wedler (1998), profesor de acuicultura de la Universidad del Magdalena (Santa Marta Colombia), quien dedicó gran parte de su vida académica a mejorar los protocolos empleados en la producción de protozoarios, sin embargo, en este trabajo se adiciona materiales nuevos que hacen más práctico el proceso y aclaramos etapas que consideramos no están bien demarcadas en el tratado de Wedler (1998). (Véase la fig. 9: Esquema del protocolo de reproducción de *Paramecium caudatum*).

Figura 9: Esquema del protocolo de reproducción de *Paramecium caudatum*



Fuente: (37)

Paso 1: Obtención de cepa: (37) nos dice que se pueden obtener cepas de paramecio de las diferentes especies de gramíneas, es decir pastos, tenemos ejemplos como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), braquiarias, el pasto estrella (*Cynodon plectostachium*).

Paso 2: Obtención de la población de microorganismos: por ejemplo (37) indica que para tener un cultivo de *Paramecium*, se logra recolectando pasto para someterlo a un proceso de deshidratación (radiación solar); no se aconseja hacer

este proceso de secado mediante la utilización de estufas, ya que pueden ocasionar problemas en la población de protozoarios. También se puede obtener paramecios directamente del pasto verde, pero se vería una afectación en la reproducción, dándose una menor tasa de crecimiento.

Paso 3: Preparación del cultivo: (37) en cuanto al recipiente donde se desarrollan los paramecios se recomienda que sea de vidrio ya que es un excelente material que no libera sustancias tóxicas y además permite observar el proceso fermentativo que se va produciendo en su interior. Estos deben estar perfectamente limpios y desinfectados lo cual se hace lavando el recipiente con abundante agua para liberar cualquier residuo orgánico, para después sumergirlo en una solución de 5mL de hipoclorito de sodio por un 1L de agua, después lavarlo nuevamente y eliminar todo indicio de hipoclorito.

Paso 4: Acondicionamiento del agua: (37) llenamos el botellón con agua potable teniendo dos formas para eliminar las trazas de cloro que contiene el agua: 1) dejar reposar el agua durante 48 horas para después adicionar el pasto deshidratado y 2) es adicionarle al recipiente con agua 1g de hiposulfito de sodio e inmediatamente introducir el pasto. Una de estas formas se debe utilizar porque a las 48 horas el cloro se gasifica y el hiposulfito de sodio neutraliza de manera inmediata sin provocar afecciones al cultivo.

Paso 5: Siembra: (37) una vez acondicionada y almacenada el agua procedemos a introducir dentro del recipiente de vidrio 7 gr de pasto completamente deshidratado (expuesto a la radiación solar por un periodo de 15 días como máximo) por cada 4L de agua (si se le adiciona más de 7 gr de materia orgánica se producirá una mala fermentación, generando así una pudrición del medio de cultivo). En este proceso se realiza una variante, colocando la materia orgánica (pasto deshidratado) en una botella de plástico completamente perforado para evitar la manipulación directa de la materia orgánica.

Paso 6: Condiciones de almacenamiento: (37) el recipiente con la siembra es colocado en un lugar bajo techo donde le llegue la luz natural. Esto se logra simplemente colocándolo cerca de una ventana en casa y si el experimento se realiza en el laboratorio se suministrará 12 horas de luz blanca. A los recipientes de vidrio se le coloca papel aluminio con perforaciones que realizamos con la ayuda de un alfiler, esto evitará que el cultivo sea colonizado por otros organismos y pueda tener intercambios gaseosos con el medio.

Paso 7: Nutrición y alimentación del cultivo: (37) en los dos primeros días se produce un boom de bacterias que se alimentan de los detritus que se encuentran en suspensión del líquido, al tercer día hay presencia de una eclosión de paramecios que se alimentan de las bacterias. Cuando el cultivo va tomando un color marrón transparente y no libere olor (esto ocurre más o menos al quinto o sexto día), es aquí el momento de empezar a nutrir y alimentar a nuestra colonia de paramecios, adicionándole 8 gotas de leche de vaca debido a que cuenta con todos los requerimientos nutricionales de estos organismos, si se presenta una pérdida de agua debido a la evaporación, se adiciona con el debido tratamiento de reposo de 48 horas.

Paso 8: Extracción de los paramecios: (37) aquí nos indica que los paramecios presentan un fototropismo positivo con una particularidad que sirve para direccionar un haz de luz. Estos microorganismos se agrupan y son fáciles de extraerlos con un gotero para ser observados en el microscopio.

### **3.4.2. ETAPA 2: TOMA DE MUESTRA DEL AGUA RESIDUAL**

Para la toma de muestra del agua residual se hizo uso del “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS” elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) (68). Donde menciona que antes de iniciar las actividades de monitoreo primero es conocer al cuerpo de agua donde desarrollaremos la toma de muestra.

**Paso 1: Elección de parámetros:** según (68) el protocolo nos dice que para la evaluación de las aguas residuales se debe considerar específicamente la calidad del cuerpo receptor en concordancia con su uso principal seleccionando los parámetros de interés, no es necesario evaluar todos los parámetros que se encuentran en las normativas vigentes (ECA, LMP Y VMA) para agua, debido a que la finalidad es evaluar el impacto en el cuerpo receptor a través del análisis técnico y objetivo.

**Paso 2: Selección de puntos de monitoreo:** (68) dice que para la elección del punto de monitorio de un cuerpo de agua (corriente natural). En cuanto al acceso para la ubicación de punto no sea fácil ni seguro, en este caso la muestra debe ser recolectada en el primer punto accesible corriente arriba de la descarga del conducto o canal.

Cuando la caracterización se realice en una descarga de agua residual (doméstica o industrial) se debe considerar la evaluación del cuerpo receptor (aguas subterráneas, arroyos, ríos, lagos y pantanos) como del propio vertimiento, para caracterizar el cuerpo receptor será necesario ubicar como mínimo dos puntos de monitoreo: uno aguas arriba y la otra agua abajo del punto vertimiento, considerando la zona de mezcla del efluente con el cuerpo receptor (68).

**Paso 3: Frecuencia de monitoreo:** (68) menciona que tratamos de medir los cambios producidos en un determinado tiempo (periodos), así que se establece un nivel de referencia, realizar un seguimiento periódico y un pronóstico de las variaciones de cada parámetro físico, químico, orgánicos, microbiológicos y del caudal que se dirige a los cuerpos de agua.

**Paso 4: Metodología de muestreo:** (68) para la recolección de la muestra de una descarga de agua residual se debe de insertar un recipiente corriente debajo de la descarga con la abertura del recipiente en dirección aguas arriba. Si el lugar de muestreo no es tan accesible es necesario usar una cubeta que este acondicionada para la recolección de la muestra que este acondicionada para la recolección de la muestra.

### **3.4.3. ETAPA 3: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS**

Tomamos 2 tipos de muestras, iniciando la toma de datos (multiparámetro, oxímetro, turbidímetro, medidor de DBO y DQO) realizando una primera dilución debido a que las muestras son muy concentradas, se adicionan las colonias de *Paramecium caudatum* en cantidades diferentes para observar el cambio progresivo de cada muestra por el lapso de 30 días tomando los datos cada 2 días.

## **3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.5.1. CONTEO DE PARAMECIOS**

En cuanto al conteo de *Paramecium caudatum* cultivados de acuerdo a la metodología se hace mediante la cámara de Neubauer.

Por ejemplo (37) la cámara de conteo se adapta al microscopio, es un portaobjetos grueso presenta dos zonas levemente deprimidas, tiene en la parte superior unas cuadrículas con medidas y dimensiones ya establecidas. También presenta un

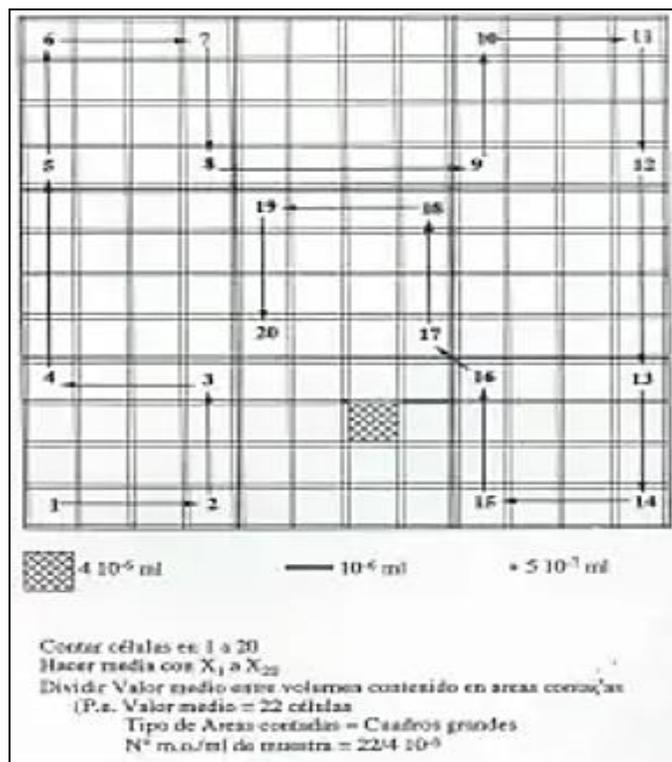
cubre cámaras que se sobrepone a la cámara para tener un mejor avistamiento de la muestra

La muestra líquida, se coloca una gota de muestra en la cámara de Neubauer, con una dilución de  $10^{-1}$  (si tiene una mayor concentración); esta presenta dos zonas para la muestra observada el cual permite dos recuentos simultáneamente.

Para contar las células microbianas se usa el retículo del microscopio en el aumento adecuado para el conteo.

Después de la obtención del conteo celular nos disponemos a calcular, según (17) donde encontramos los pasos a seguir y la fórmula que se usara para el cálculo final del *Paramecium caudatum*.

**Figura 10: Metodología de Conteo del *Paramecium caudatum***

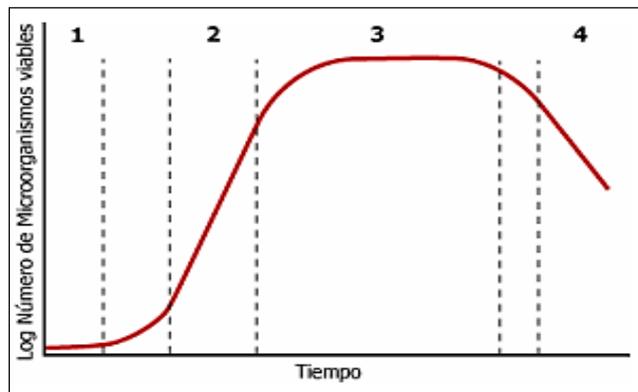


Fuente: (17)

### 3.5.2. CRECIMIENTO DE *PARAMECIUM CAUDATUM*

Presenta un modelo de crecimiento que se separa en siete fases 1) fase lag, donde las células se están adecuando al medio por lo que no hay crecimiento 2) fase log, o fase de crecimiento solamente restringida por los microorganismos 3) fase de declinación del crecimiento, es limitada el crecimiento por la falta de alimento 4) fase estacionaria, aquí la población microbiana se mantiene 5) incremento en la muerte es la primera disminución de la población 6) fase log de muerte, finalmente muere toda la población celular y se completa el ciclo de crecimiento (69).

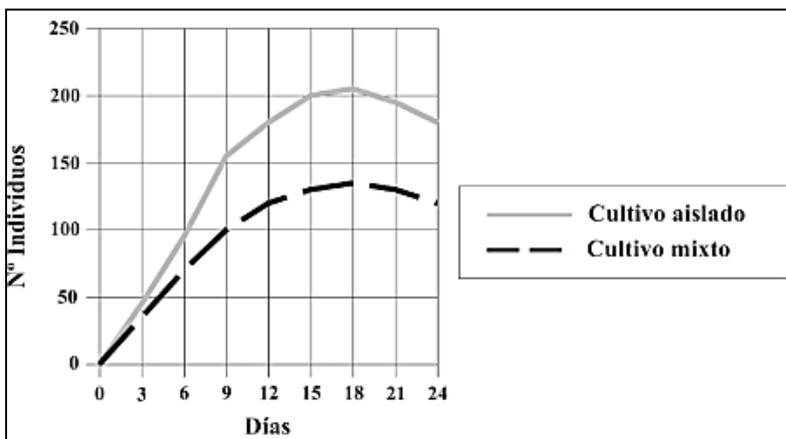
Figura 11. Crecimiento del *Paramecium caudatum*



Fuente : (69)

Según (70) nos dice que el crecimiento del protozoo es exponencial desde los 9 a 12 días, para luego mediante la resistencia ambiental frena el crecimiento y la curva se transforma en sigmoidea.

Figura 12: Crecimiento del *Paramecium caudatum*



Fuente : (70)

### 3.5.3. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos se obtienen mediante la utilización de instrumentos del laboratorio de la Universidad Continental.

#### 3.5.3.1. Técnica de preparación de la muestra

Las aguas residuales lácteas son altamente concentradas por lo que se realiza una dilución de 1:1 con agua destilada en cada una de las muestras obtenidas.

- **Muestra 1:** Agua residual láctea del vertimiento de la empresa; es un tipo de agua residual con mayor concentración de carga orgánica, este tipo de muestra se extrajo al término de las actividades de producción, justo a la salida del lugar (canal de desagüe).
- **Muestra 2:** Agua residual Láctea de la zona de mezcla del efluente con el cuerpo receptor, esta agua varía en su concentración ya que puede estar mezclada con diversos contaminantes.

### **3.5.3.2. Técnica de medición del DBO<sub>5</sub>**

La medición del DBO<sub>5</sub> se realiza mediante el uso del equipo de Medidor de DBO<sub>5</sub>, siguiendo el manual de operación (Biochemical Oxygen Demand B.O.D) de Velp Scientifica –BOD Manual. Se realiza en una concentración de 400 ml de agua destilada con 40 ml de muestra dejándolo reaccionar con 5 lentejas de hidróxido de sodio por 5 días, en un horno para obtener el resultado.

### **3.5.3.3. Técnica de medición del DQO**

La medición del DQO se realiza mediante el MÉTODO COLORIMÉTRICO, este proceso es para obtener el total de materia orgánica que está presente en las muestras líquidas a partir de la oxidación por presencia del oxígeno. Se toma un tubo de ensayo, colocamos 2 ml de muestra, adicionándole 1,2 ml de solución digestora u oxidante y 2,8 ml de ácido reactivo, calentándolo hasta una temperatura de 150 °C en el Termo Reactor (Lovibond – Tintometer) por un periodo de 1 hora, pasado ese tiempo se deja enfriar por 2 horas y tomamos los datos en el equipo Colorímetro (Lovibond Water Testing-Tintometer Group MD 200 COD VARIO).

### **3.5.3.4. Técnica de medición de parámetros físicos**

Se hace uso de los equipos del laboratorio de la Universidad Continental, quienes cuentan con la certificación de calidad de la ISO 9001:2015 y con la realización de la calibración de los equipos mediante los manuales.

Turbidímetro: HANNA instrumentes – HI 93703 MICROPROCESSOR TURBIDITY METER U021193 Verificación 2018.

Oxímetro: Digital Portatil STARTER STSOCID OHAUS ST300D Verificación 2018.

Multiparámetro: HANNA instrumentes – Portable pH/EC/TDS/Temperature meter

Microscopio: hund WETZLAR – U018464 Verificación 2018.

#### **3.5.3.5. Técnica de recopilación de datos**

Realizamos la prueba de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de nuestros datos obtenidos, al ser no paramétricos usamos la prueba no paramétrica Chi cuadrada de bondad de ajuste para la comprobación de la hipótesis general y la prueba no paramétrica de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes para la comprobación de las hipótesis específicas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Presentaremos todos los resultados obtenidos en la experimentación, estos muestran la evolución de cada grupo con respecto a los parámetros controlados en el laboratorio. La experimentación planteada en el trabajo de investigación muestra que la presencia del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye los valores de los parámetros pH, SST, Conductividad, Oxígeno disuelto, DQO y DBO<sub>5</sub>.

#### **4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

A continuación, se evalúan muestras que se obtuvieron mezclando 1 litro de muestra con 1 litro de agua destilada por un tiempo de 30 días con diferentes dosis del *Paramecium caudatum*. Los parámetros se controlan cada 2 días. El Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua-DGCRH (68) recomienda la comparación de dos tipos de muestras de agua residual láctea: una tomada en el punto de mezcla del efluente con el cuerpo receptor y la otra en el mismo vertimiento de la empresa estudiada. Por lo tanto, se tomaron mediciones de ambas muestras.

#### 4.1.1. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN LA TURBIDEZ.

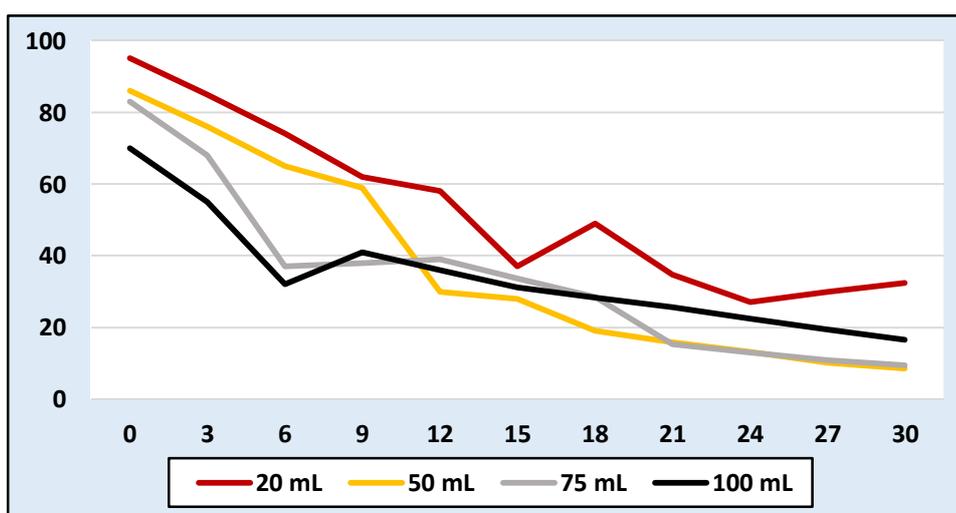
Tabla 5: Medición de la turbidez en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.

Días tratamiento	TURBIDEZ - NTU											
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				Media
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		
0	130,00	95,00	86,00	83,00	70,00	83,50	124,00	99,00	85,00	87,00	80,00	87,75
3	122,00	85,00	76,00	68,00	55,00	71,00	109,00	90,00	79,00	75,00	74,00	79,50
6	99,00	74,00	65,00	37,00	32,00	52,00	120,00	85,00	76,00	67,00	73,00	75,25
9	87,00	62,00	59,00	38,00	41,00	50,00	99,00	64,00	43,00	57,00	65,00	57,25
12	99,38	58,00	30,00	39,00	35,97	40,74	112,00	54,88	59,00	45,00	51,00	52,47
15	96,92	37,00	27,90	33,66	31,09	32,41	103,00	48,42	47,66	35,18	43,15	43,60
18	102,70	49,00	18,99	28,46	28,27	31,18	98,00	32,23	39,30	28,97	36,92	34,36
21	87,61	34,70	15,83	15,27	25,69	22,87	100,00	25,90	29,18	25,38	25,10	26,39
24	85,08	27,00	13,12	13,10	22,50	18,93	104,15	26,20	25,18	20,03	19,50	22,73
27	95,13	30,00	10,18	10,90	19,40	17,62	89,00	23,05	23,17	16,04	17,40	19,92
30	87,17	32,50	8,58	9,50	16,58	16,79	96,00	21,58	20,16	14,61	15,14	17,87
Media	99,27	53,11	37,33	34,17	34,32	39,73	104,92	51,84	47,88	42,84	45,47	47,01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se registran los valores del parámetro físico de turbidez en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento para las dosis de 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL A continuación, se gráfica esta información (gráfico 1).

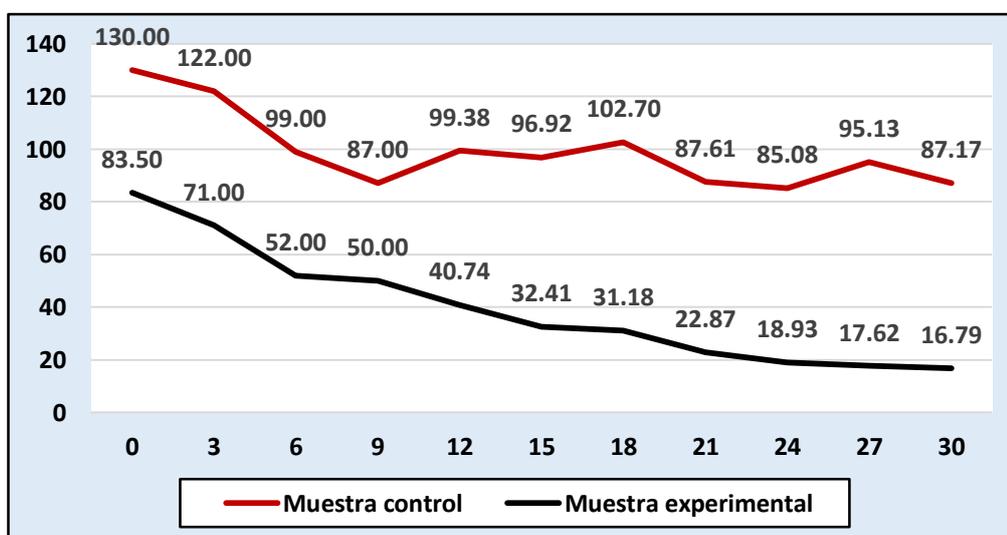
Gráfico 1: Comportamiento de la turbidez del agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de *Paramecium caudatum*



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 1, se observa la tendencia a la disminución de la turbidez a medida que transcurre los días de tratamiento y con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) del protozoo *Paramecium caudatum* en las aguas residuales lácteas del efluente. El gráfico 1 permite observar que no existen diferencias sustanciales en la eficiencia del protozoo a lo largo de los días de observación en las aguas residuales con las dosis aplicadas.

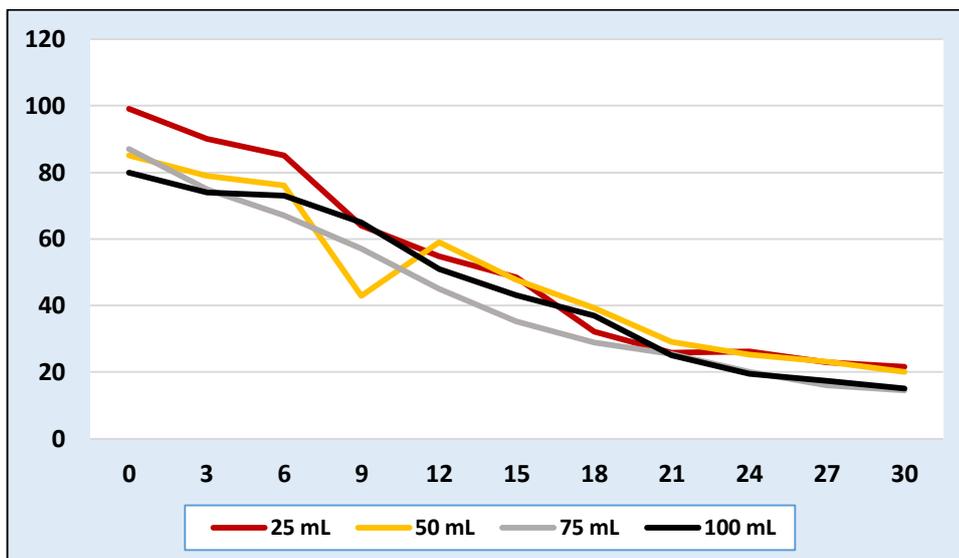
**Gráfico 2: Comparación de la media de la turbidez del agua residual lácteo del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

Se observa, en el gráfico 2, una disminución significativa de la media de la turbidez de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, con respecto a la turbidez de la muestra control (línea de color rojo) donde no se aplica el protozoo. Se aprecia que la variación de la turbidez es similar entre todas las dosis.

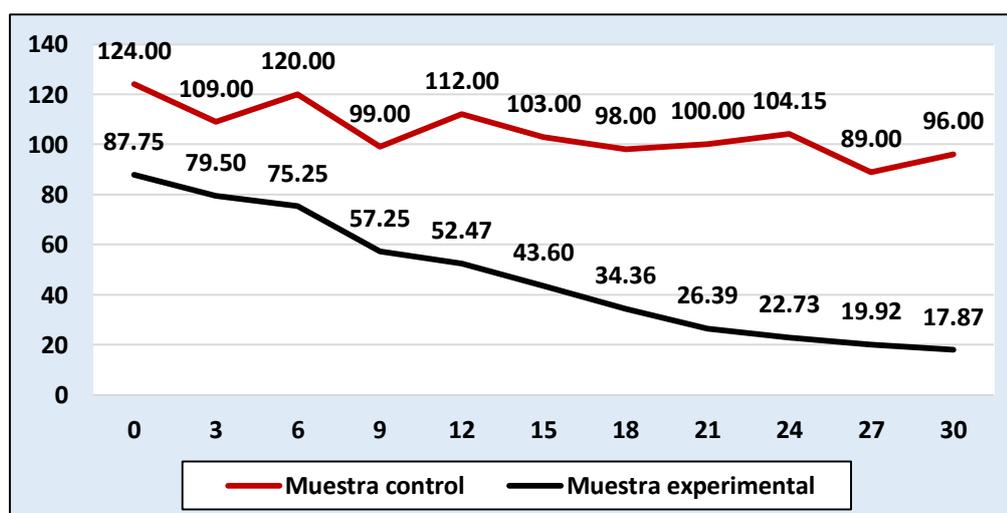
**Gráfico 3: Comportamiento de la turbidez del agua residual láctea del vertimiento con las distintas dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 3, se observa que existe una tendencia a la disminución de la turbidez a medida que transcurre los días de tratamiento y con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* en la muestra de agua residual láctea del vertimiento. La influencia del protozoo es similar en todas las dosis utilizadas.

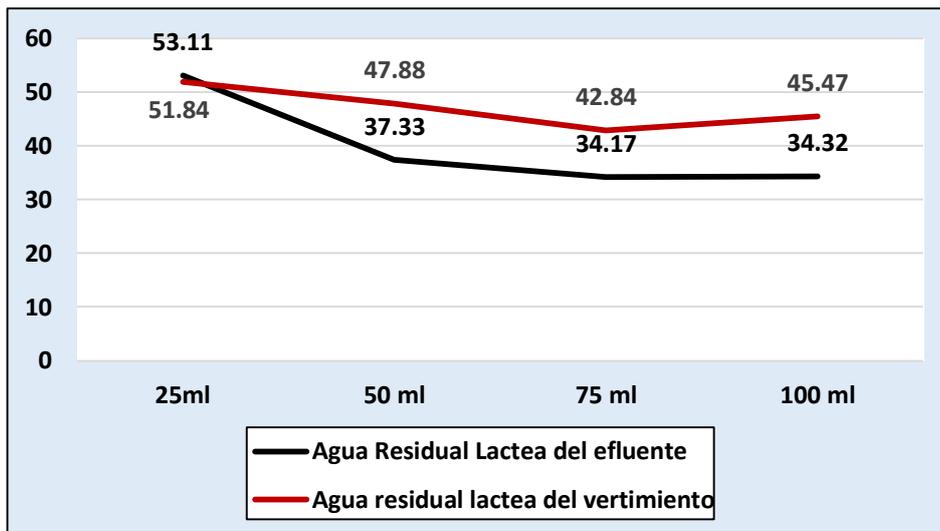
**Gráfico 4: Comparación de la media de la turbidez de la muestra del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 4 se aprecia que existe una disminución significativa de la media de la turbidez de las muestras experimentales de agua residual del vertimiento (línea de color negro) donde se aplica las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, con respecto a la turbidez de la muestra control (línea de color rojo), asimismo se afirma que a medida que pasa el tiempo las diferencias de la turbidez se van incrementando.

**Gráfico 5: Comparación de las medias de la turbidez del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.**



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 5 muestra la media de ambas muestras, se observa que la muestra de agua residual láctea del efluente logra disminuir más la turbidez que el agua residual láctea del vertimiento.

#### 4.1.2. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN EL PH.

**Tabla 6: Medición del pH en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.**

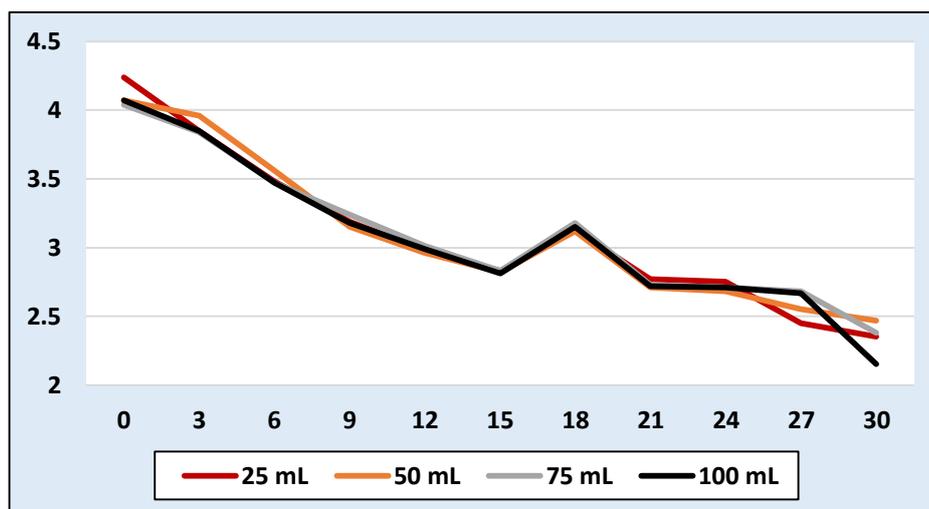
Días tratamiento	pH											
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	
0	4,12	4,24	4,07	4,04	4,07	4,11	5,34	4,19	4,85	4,15	4,17	4,34
3	3,96	3,85	3,96	3,84	3,85	3,88	4,05	4,04	4,03	4,03	4,02	4,03

6	3,53	3,48	3,56	3,47	3,47	3,50	3,98	3,91	3,92	3,91	3,87	3,90
9	3,19	3,19	3,15	3,24	3,18	3,19	3,95	3,92	3,92	3,95	3,90	3,92
12	2,97	2,98	2,96	3,01	2,99	2,99	3,91	3,87	3,88	3,87	3,84	3,87
15	2,83	2,83	2,82	2,83	2,81	2,82	3,85	3,00	3,79	3,80	3,75	3,59
18	3,11	3,13	3,12	3,18	3,15	3,15	4,02	4,03	4,04	4,04	3,99	4,03
21	2,78	2,77	2,71	2,73	2,72	2,73	3,65	3,70	3,70	3,65	3,65	3,68
24	2,77	2,75	2,68	2,71	2,71	2,71	3,59	3,60	3,58	3,50	3,52	3,55
27	2,76	2,45	2,55	2,68	2,67	2,59	3,54	3,40	3,38	3,47	3,45	3,43
30	2,79	2,35	2,47	2,38	2,15	2,34	3,57	3,30	3,10	3,17	3,16	3,18
Media	3,16	3,09	3,10	3,10	3,07	3,09	3,95	3,72	3,84	3,78	3,76	3,77

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se registran los valores del pH en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con las dosis de 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (grafico 6)

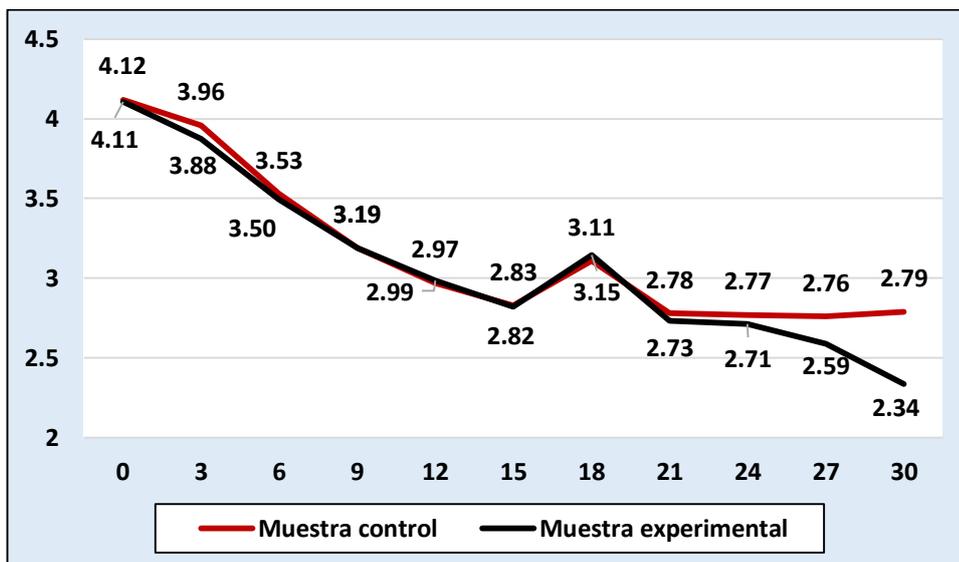
Gráfico 6: Comportamiento del pH del agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de *Paramecium caudatum*.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 6, se observa la tendencia a la disminución del pH a medida que transcurre los días de tratamiento con cada una de las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de protozoo *Paramecium caudatum* en las aguas residuales lácteas del efluente. También se observa que no existen diferencias sustanciales en la eficiencia del protozoo según las dosis aplicadas.

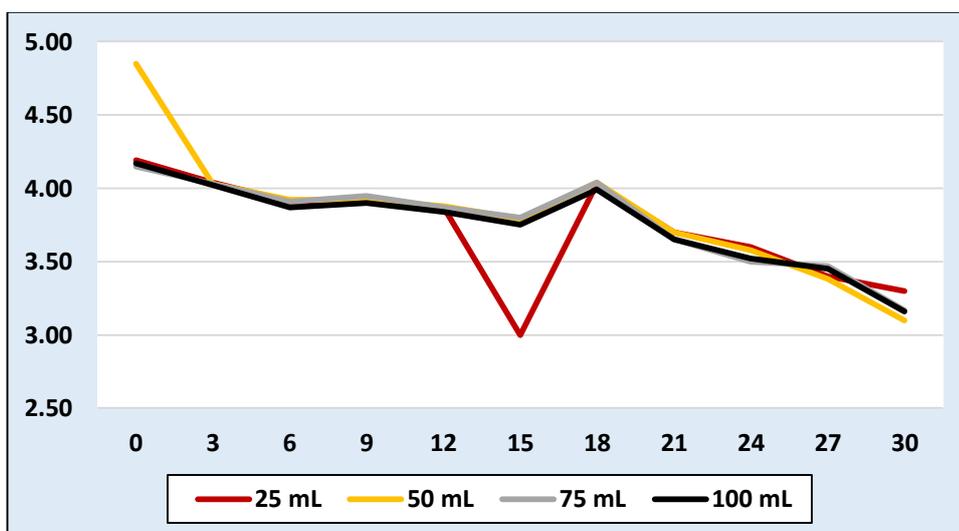
**Gráfico 7: Comparación de la media del pH del agua residual láctea del efluente con la Muestra control.**



Fuente: elaboración propia

Se observa, en el gráfico 7, una disminución de la media del pH de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, observándose la influencia del protozoo similar a la de la muestra control. Sin embargo, a partir del día 18 la disminución del pH en las muestras es mayor.

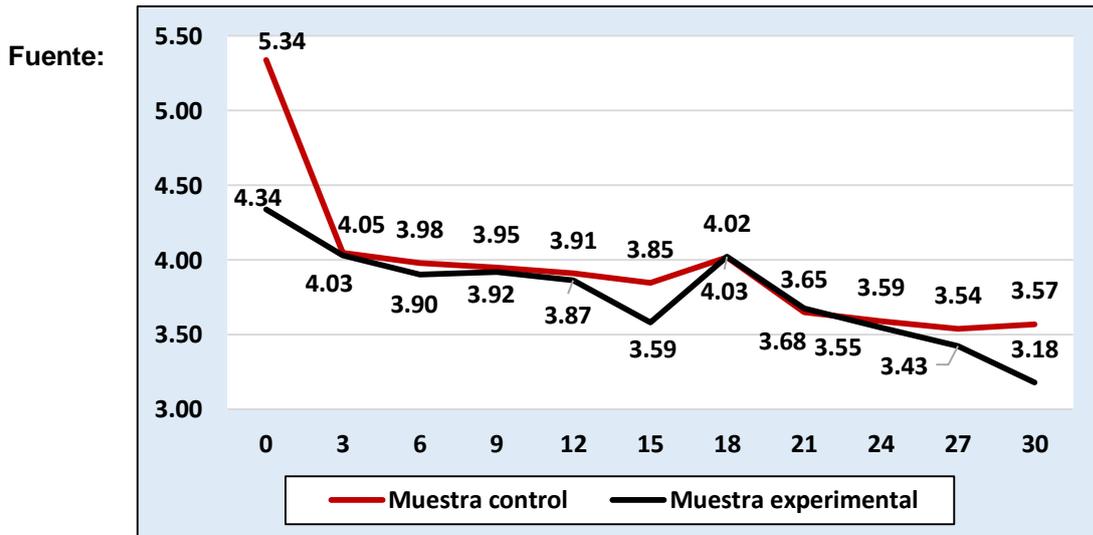
**Gráfico 8: Comportamiento del pH en las muestras de agua residual láctea del vertimiento con las distintas dosis de *Paramecium caudatum* aplicadas.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 8, se observa que existe una tendencia a la disminución del pH a medida que transcurren los días de tratamiento en todas las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) aplicadas del *Paramecium caudatum* en la muestra de agua residual del vertimiento.

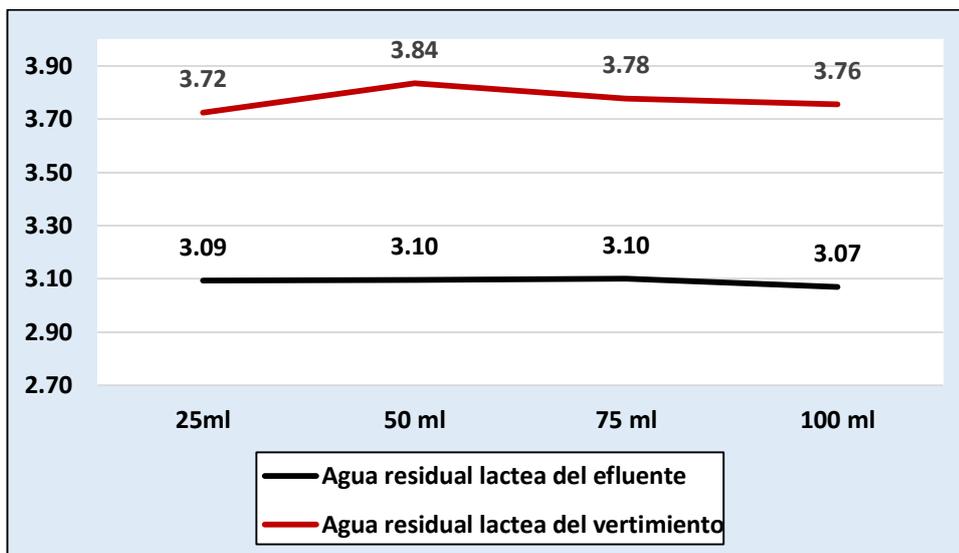
**Gráfico 9: Comparación de la media del pH en las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.**



elaboración propia

En el gráfico 9 se aprecia que existe una disminución en la media del pH de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplica las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con respecto a la muestra control. Habiendo obtenido en los días 24 -30 una mayor disminución.

Gráfico 10: Comparación de medias del pH en las aguas residuales del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.



Fuente: elaboración propia

Se observa, en la figura 10 hay diferencia en la media de las dos muestras experimentales donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* Siendo la muestra de agua residual láctea del efluente donde hay una mayor disminución del pH.

#### 4.1.3. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

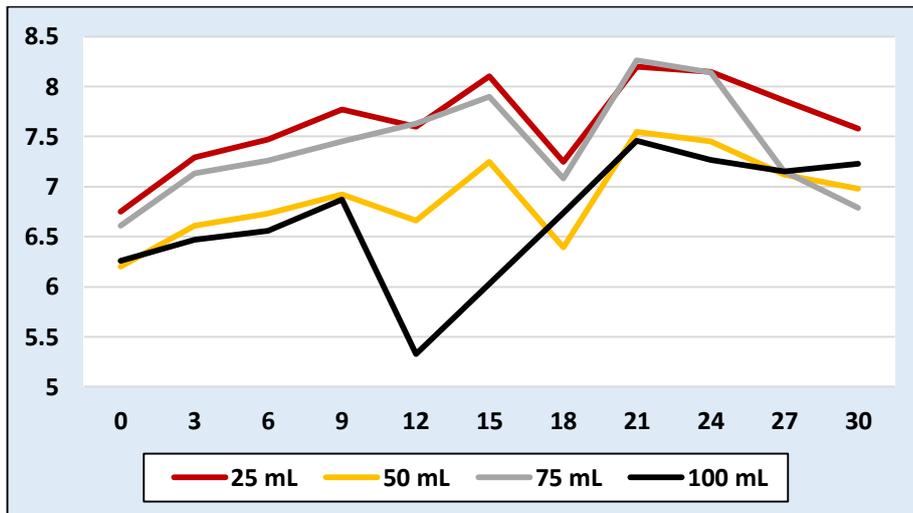
Tabla 7: Medición de los SST en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.

Días tratamiento	SST - ppt											
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de Agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		
0	7,03	6,75	6,2	6,61	6,26	6,46	3,38	3,90	3,77	3,49	3,69	3,71
3	7,54	7,29	6,61	7,13	6,47	6,88	4,09	4,10	3,78	4,05	3,90	3,96
6	7,68	7,47	6,73	7,26	6,56	7,01	4,20	4,13	3,80	4,11	3,95	4,00
9	7,43	7,77	6,92	7,45	6,87	7,25	4,25	4,25	3,91	4,25	4,08	4,12
12	7,25	7,6	6,66	7,63	5,33	6,81	4,30	4,27	4,01	4,41	4,20	4,22
15	8,18	8,1	7,25	7,9	6,03	7,32	4,44	4,44	4,13	4,48	4,44	4,37
18	6,85	7,25	6,39	7,08	6,74	6,87	4,03	3,95	3,66	3,66	3,75	3,76
21	8,69	8,2	7,55	8,26	7,46	7,87	4,61	4,65	4,27	4,65	4,40	4,49
24	8,52	8,15	7,45	8,14	7,27	7,75	4,62	4,60	4,23	4,59	4,20	4,41
27	8,34	7,86	7,12	7,15	7,15	7,32	4,63	4,59	4,17	4,47	4,18	4,35
30	8,14	7,58	6,98	6,79	7,23	7,15	4,65	4,48	4,08	4,18	3,98	4,18
Media	7,79	7,64	6,90	7,40	6,67	7,15	4,29	4,31	3,98	4,21	4,07	4,14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se registran los valores de los SST en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con las dosis de 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (grafico 11)

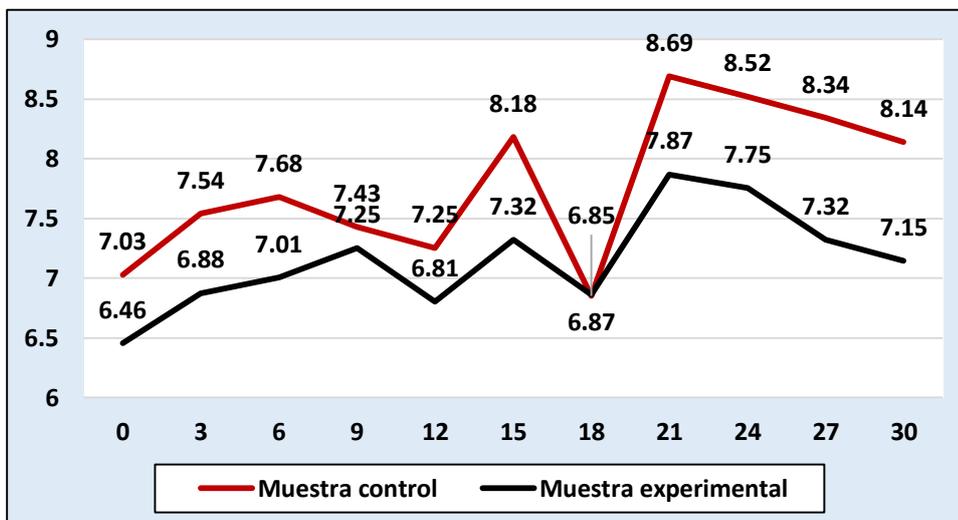
**Gráfico 11: Comportamiento de los SST en el agua residual láctea del efluente con las dosis de *Paramecium caudatum* aplicadas.**



Fuente: elaboración propia

En el grafico 11, se observa una tendencia variable en los valores de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a medida que transcurren los días de tratamiento en las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) del *Paramecium caudatum*. Viendo que a partir del día 21 empieza a presentarse una disminución en las dosis.

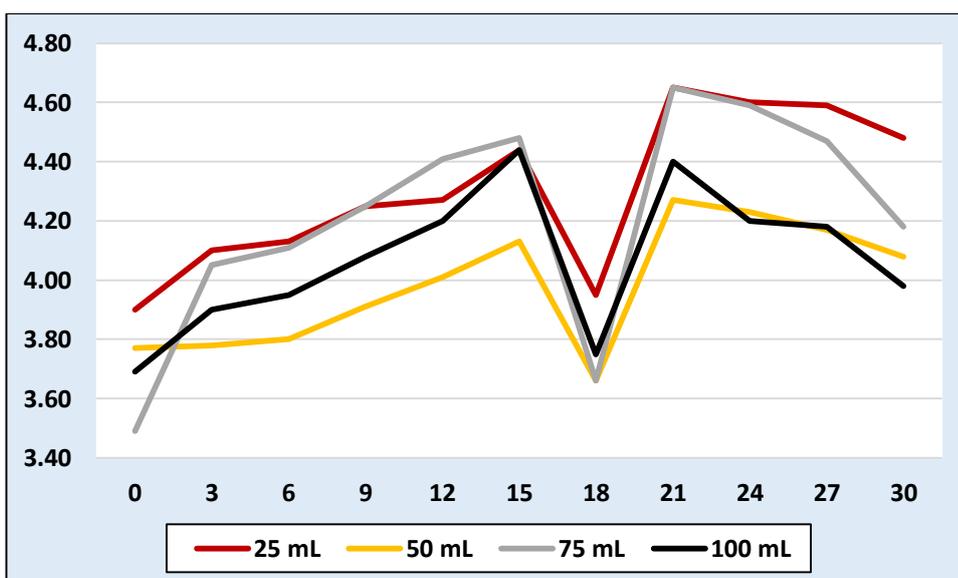
**Gráfico 12: Comparación de la media de los SST del agua residual láctea del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 12, se observa una disminución de la media de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplica las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con respecto a la muestra control (línea de color rojo), presentando un comportamiento similar.

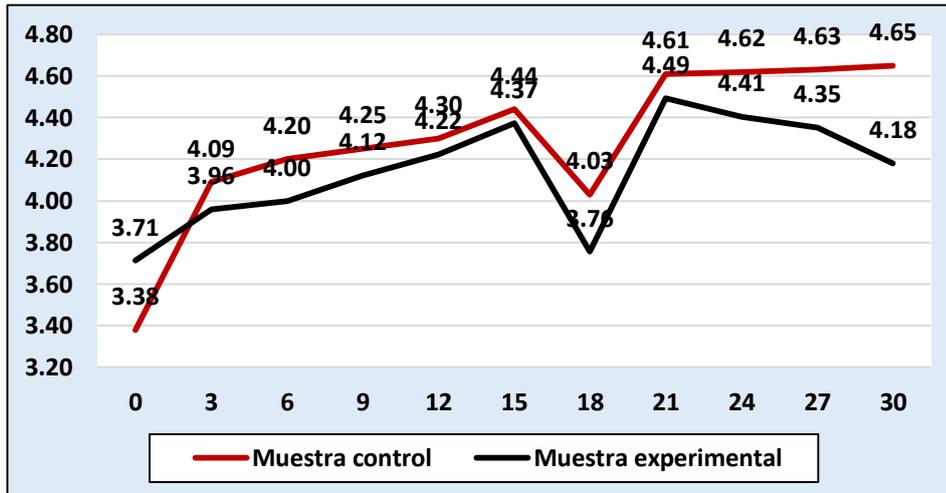
**Gráfico 13: Comportamiento de los SST de las muestras del agua residual del vertimiento con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 13, se observa una disminución de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a medida que transcurre los días de tratamiento con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. En el día 18 hay una inflexión en la curva.

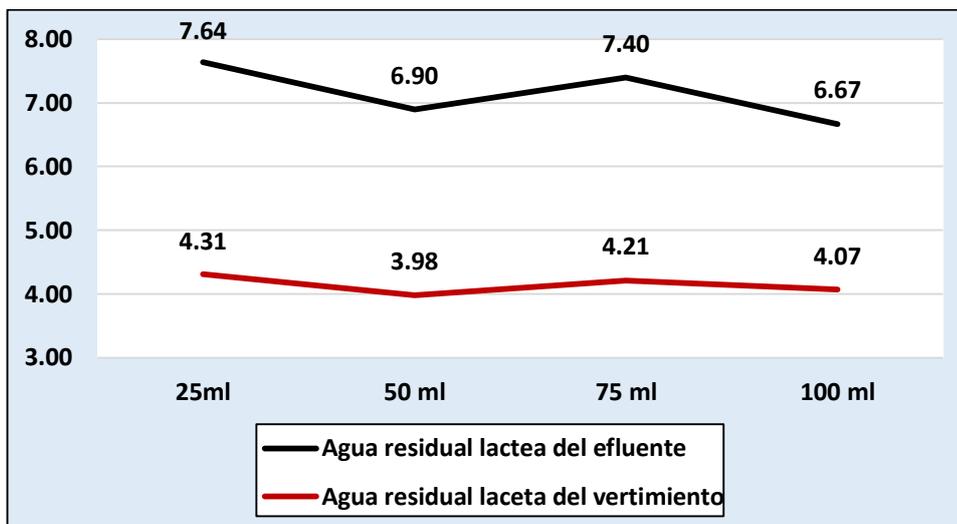
**Gráfico 14: Comparación de la media de los SST de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 14 se observa que ambas curvas se comportan de manera similar resaltando que los valores de la muestra experimental son menores, que alrededor del día 18 hay una inflexión en la curva y partir del día 21 la muestra experimental disminuye en mayor rango que la muestra control.

Gráfico 15: Comparación de medias de los SST del agua residual láctea del efluente y del vertimiento con las dosis 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 15 se observa que existe una diferencia en las medias de las dos muestras experimentales donde se aplican las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. El comportamiento es similar en ambas muestras, teniendo la muestra del efluente una mayor disminución.

#### 4.1.4. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

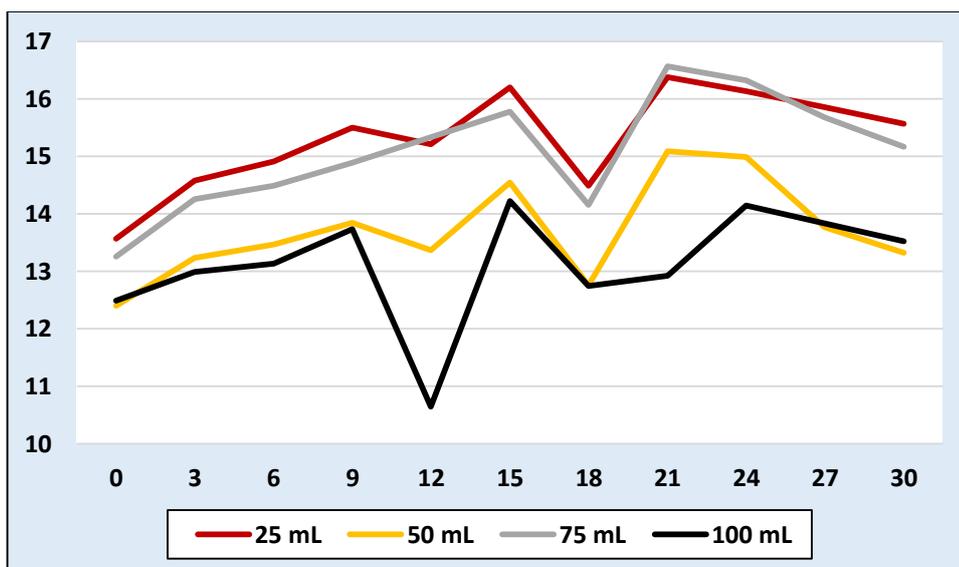
Tabla 8: Medición de la CE en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.

		Conductividad eléctrica – mS/cm										
Días tratamiento	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de Agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				Media
		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media
0	14,03	13,57	12,4	13,25	12,49	12,93	7,74	7,83	7,50	7,06	7,39	7,45
3	15,02	14,58	13,23	14,25	12,99	13,76	8,19	8,20	7,56	8,11	7,81	7,92
6	15,34	14,91	13,47	14,49	13,13	14,00	8,27	8,26	7,62	8,24	7,90	8,01
9	15,93	15,50	13,84	14,89	13,73	14,49	8,51	8,49	7,83	8,50	8,14	8,24
12	14,47	15,21	13,36	15,33	10,64	13,64	8,54	8,52	8,01	8,81	8,39	8,43
15	16,31	16,20	14,54	15,78	14,22	15,19	8,87	8,87	8,26	8,96	8,42	8,63
18	13,70	14,49	12,75	14,15	12,74	13,53	8,02	7,94	7,91	7,31	7,48	7,66
21	17,36	16,38	15,09	16,56	12,92	15,24	9,24	9,30	8,53	9,29	8,81	8,98
24	17,25	16,13	14,99	16,32	14,14	15,40	9,19	9,27	8,50	9,23	8,61	8,90
27	16,89	15,85	13,77	15,67	13,83	14,78	9,20	9,14	8,37	9,10	8,65	8,82
30	16,75	15,56	13,32	15,16	13,52	14,39	9,29	8,98	8,12	8,96	8,47	8,63
Media	14,03	13,57	12,4	13,25	12,49	12,93	7,74	7,83	7,50	7,06	7,39	7,45

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se registran valores de la conductividad eléctrica en la muestra de agua residual láctea del efluente y del vertimiento para las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (gráfico 16).

**Gráfico 16: Comportamiento de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 16, se observa la variación de la conductividad eléctrica a medida que transcurre los días de tratamiento con diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, se da una inflexión de la curva en los días 12 y 18, el valor final registra un leve incremento.

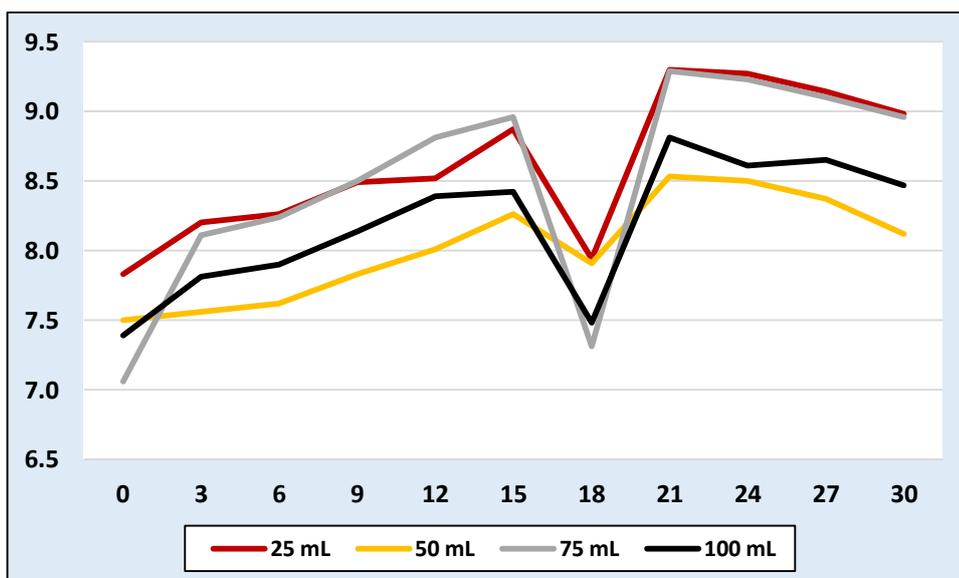
**Gráfico 17: Comparación de la media de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 17 se observa que ambas muestras presentan un comportamiento similar en la Conductividad eléctrica, con dos inflexiones alrededor de los días 12 y 18.

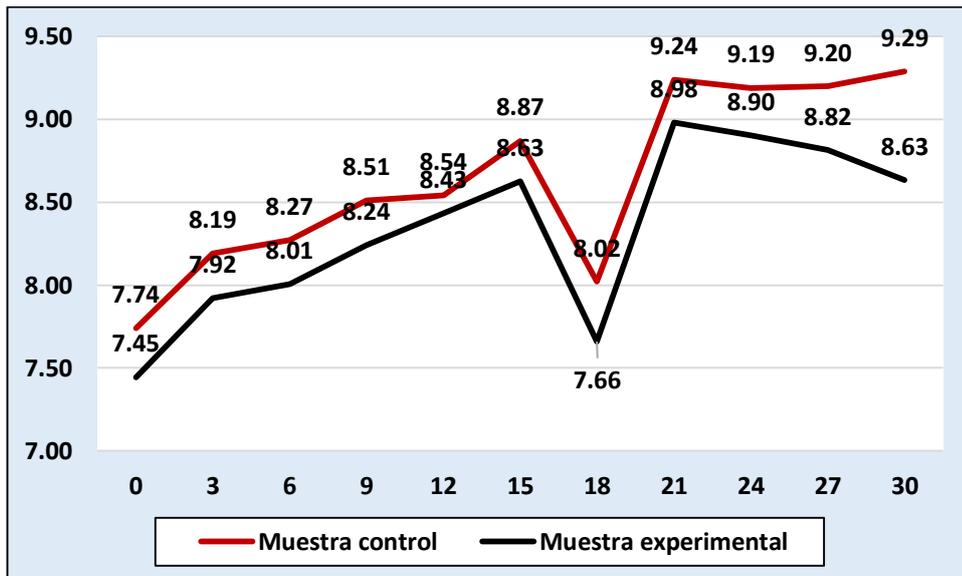
**Gráfico 18: Comportamiento de la conductividad eléctrica de las muestras de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 18, se observa que hay una variación con un leve incremento final, en la conductividad eléctrica a medida que transcurren los días de tratamiento con las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. Al rededor del 18 hay una inflexión en la curva.

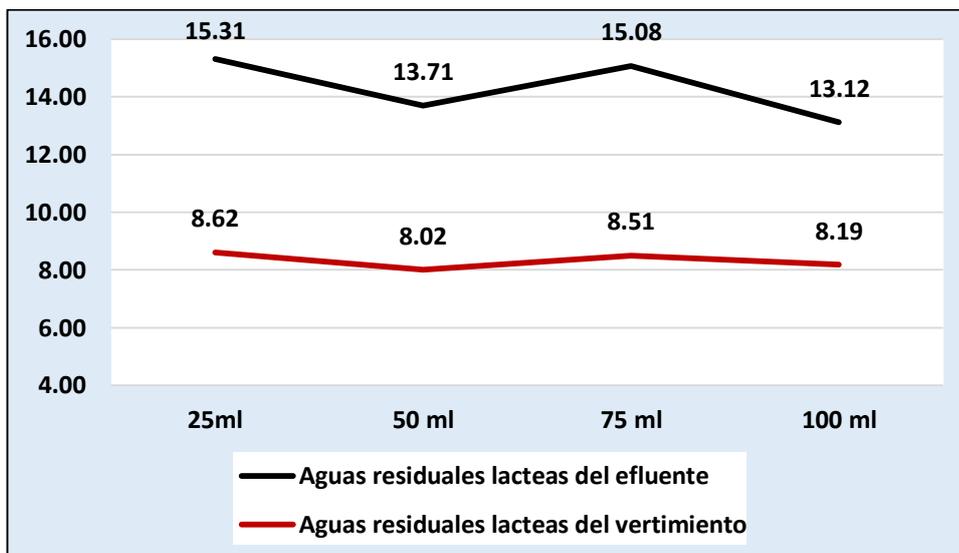
**Gráfico 19: Comparación de la media de la conductividad eléctrica del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 19 se aprecia que hay un comportamiento similar en ambas muestras, con una inflexión en el día 18, las curvas empiezan a presentar un comportamiento ligeramente diferente alrededor del día 21.

**Gráfico 20 Comparación de medias de la conductividad eléctrica del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL**



Fuente: elaboración propia

Se observa, en el gráfico 20, que existe una diferencia en la Conductividad eléctrica de las medias de las dos muestras experimentales donde se aplican las dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, resaltando que se logra una mayor disminución en la muestra de agua residual láctea del efluente (línea de color negro)

#### 4.1.5. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN EL OXÍGENO DISUELTO.

**Tabla 9: Medición del OD en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.**

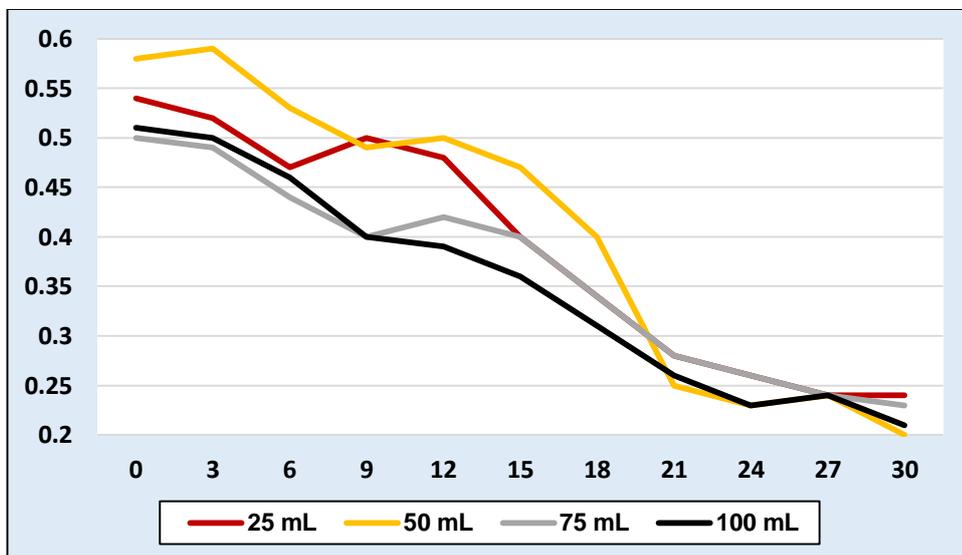
Días tratamiento	Oxígeno disuelto – mg/L											
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	
0	0,55	0,54	0,58	0,5	0,51	0,53	0,60	0,67	0,45	0,57	0,41	0,53
3	0,52	0,52	0,59	0,49	0,50	0,53	0,55	0,64	0,42	0,50	0,40	0,49
6	0,49	0,47	0,53	0,44	0,46	0,48	0,44	0,60	0,40	0,39	0,37	0,44
9	0,47	0,50	0,49	0,40	0,40	0,45	0,59	0,59	0,37	0,49	0,39	0,46
12	0,45	0,48	0,50	0,42	0,39	0,45	0,56	0,57	0,34	0,48	0,38	0,44
15	0,41	0,40	0,47	0,40	0,36	0,41	0,45	0,53	0,30	0,47	0,34	0,41
18	0,30	0,34	0,40	0,34	0,31	0,35	0,58	0,45	0,24	0,40	0,25	0,34
21	0,26	0,28	0,25	0,28	0,26	0,27	0,44	0,42	0,30	0,33	0,27	0,33
24	0,25	0,26	0,23	0,26	0,23	0,25	0,46	0,39	0,27	0,28	0,26	0,30
27	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,50	0,37	0,24	0,26	0,20	0,27

30	0,20	0,24	0,20	0,23	0,21	0,22	0,49	0,36	0,20	0,27	0,19	0,26
Media	0,38	0,39	0,41	0,36	0,35	0,38	0,51	0,51	0,32	0,40	0,31	0,39

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se registran los valores del oxígeno disuelto en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la del vertimiento para las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (grafica 21).

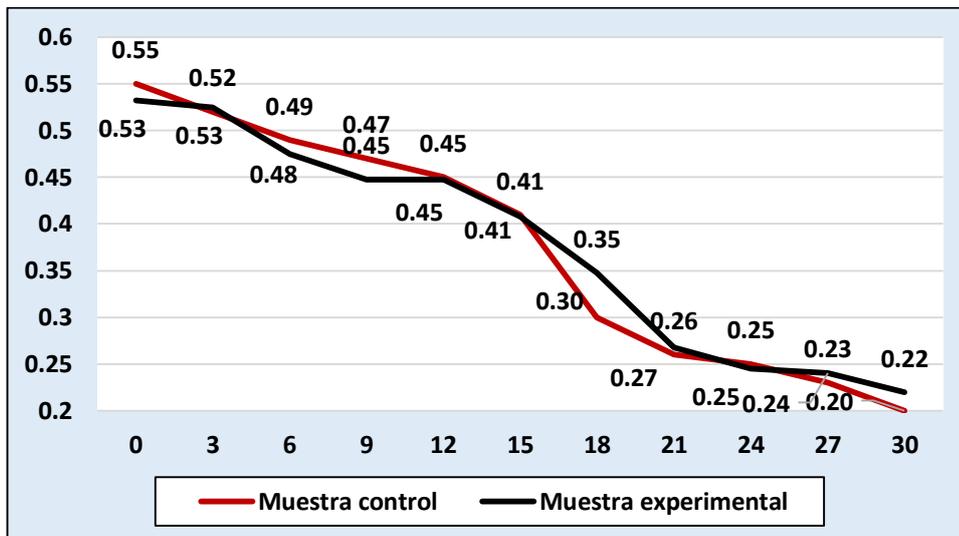
Gráfico 21: Comportamiento del oxígeno disuelto del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 21, se observa la tendencia a la disminución del oxígeno disuelto a medida que transcurre los días de tratamiento con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) *Paramecium caudatum*, no se observa una diferencia en la influencia de las dosis.

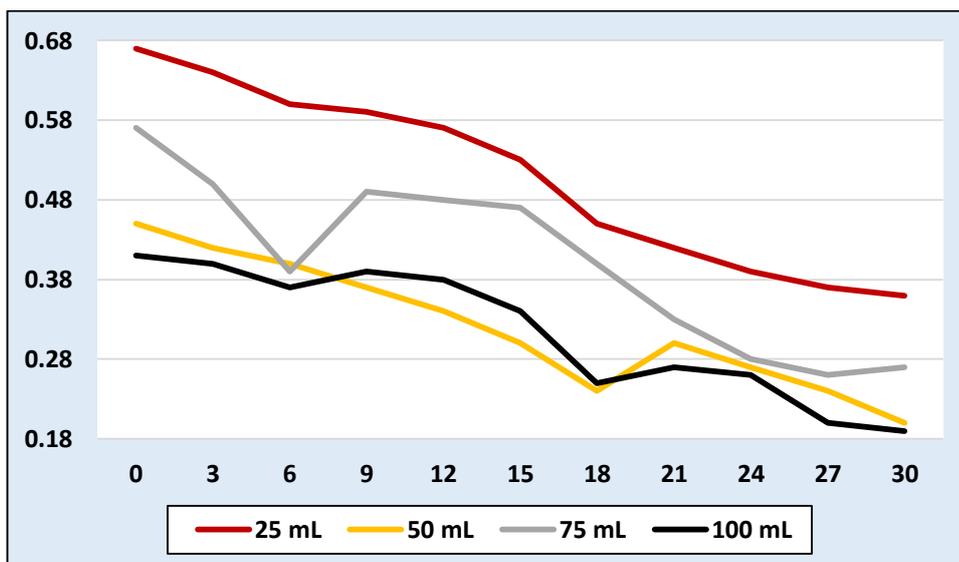
**Gráfico 22: Comparación de la media del oxígeno disuelto del agua residual láctea del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 22 se observa una disminución del oxígeno disuelto en la media de ambas muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con respecto a la muestra control (línea de color rojo) presenta un comportamiento similar.

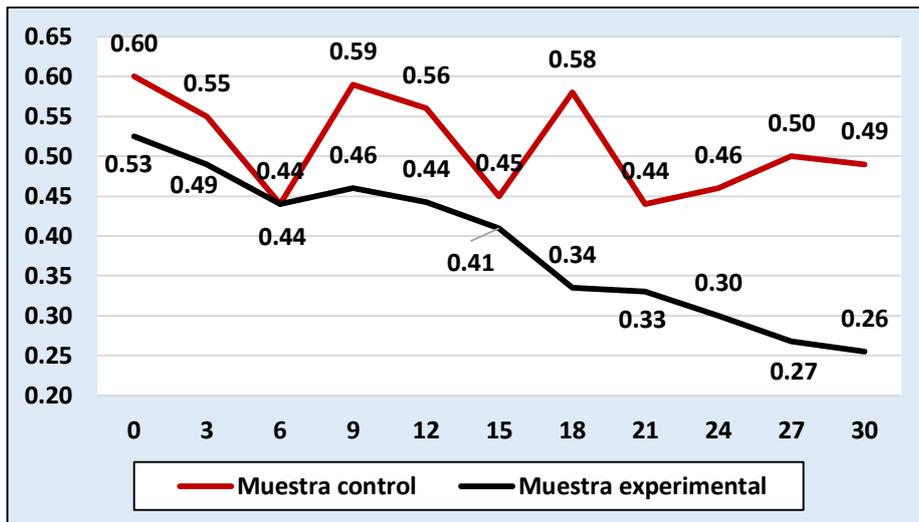
**Gráfico 23: Comportamiento del oxígeno disuelto de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 23, se observa que existe disminución del oxígeno disuelto similar para todas dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* a medida que transcurre los días de tratamiento.

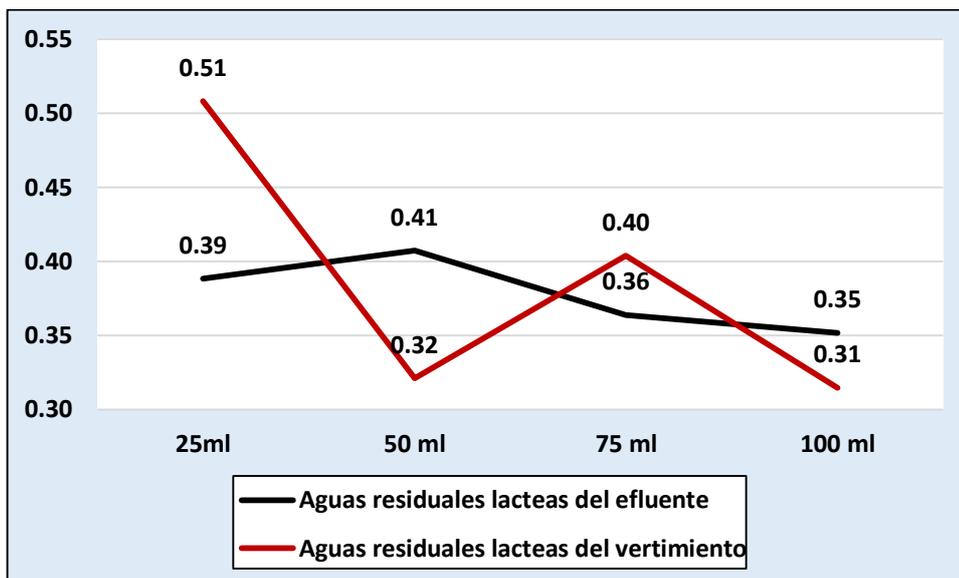
**Gráfico 24: Comparación de la media del oxígeno disuelto de las muestras de agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 24 se aprecia que hay una disminución del oxígeno disuelto en la media de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con respecto a la muestra control (línea de color rojo).

Gráfico 25: Comparación de las medias de oxígeno disuelto del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 25 se observa que existe una ligera disminución del oxígeno disuelto para ambas muestras.

#### 4.1.6. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN LA DEMANDA BIOQUÍMICA DEL OXÍGENO.

Tabla 10: Medición del DBO<sub>5</sub> en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.

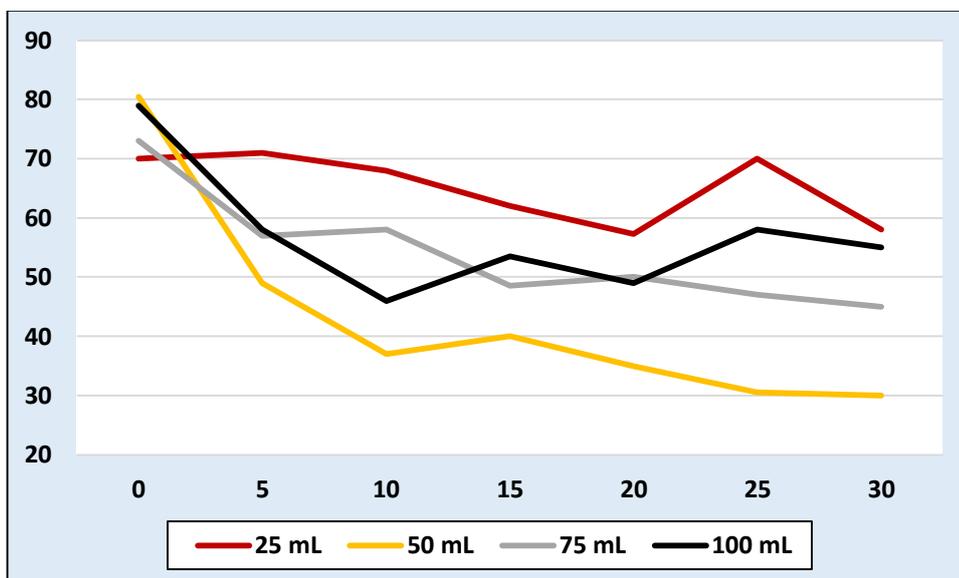
Días tratamiento	Demanda bioquímica del oxígeno - mg/L											
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis					
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L				
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	
0	76,00	70	80,5	73	79	75,63	53,00	73,00	67,00	54,00	61,00	63,75
5	80,00	71	49	57	58	58,75	62,00	70,50	50,00	58,00	61,50	60,00
10	75,00	68	37	58	46	52,25	63,00	56,00	54,00	61,00	57,00	57,00
15	70,00	62	40	48,5	53,5	51,00	58,00	55,00	47,50	56,00	56,00	53,63
20	73,50	57,3	35	50	49	47,83	67,00	36,00	30,50	48,50	59,00	43,50
25	78,00	70	30,5	47	58	51,38	58,00	45,00	31,00	45,00	54,00	43,75
30	81,00	58	30	45	55	47,00	67,00	41,00	21,00	50,00	53,40	41,35
Media	76,21	65,19	43,14	54,07	56,93	54,83	61,14	53,79	43,00	53,21	57,41	51,85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se registran los valores de la demanda bioquímica del oxígeno en la muestra de agua residual láctea del efluente y del vertimiento para las distintas

dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (gráfica 26).

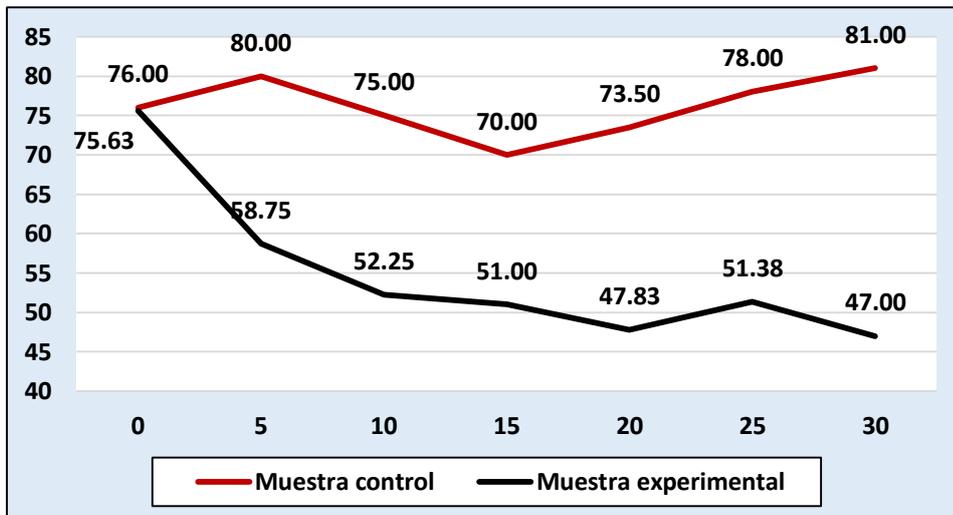
**Gráfico 26: Comportamiento del DBO<sub>5</sub> en el agua residual láctea del efluente con las distintas dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 26, se observa una disminución de demanda bioquímica del oxígeno a medida que transcurre los días de tratamiento con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*.

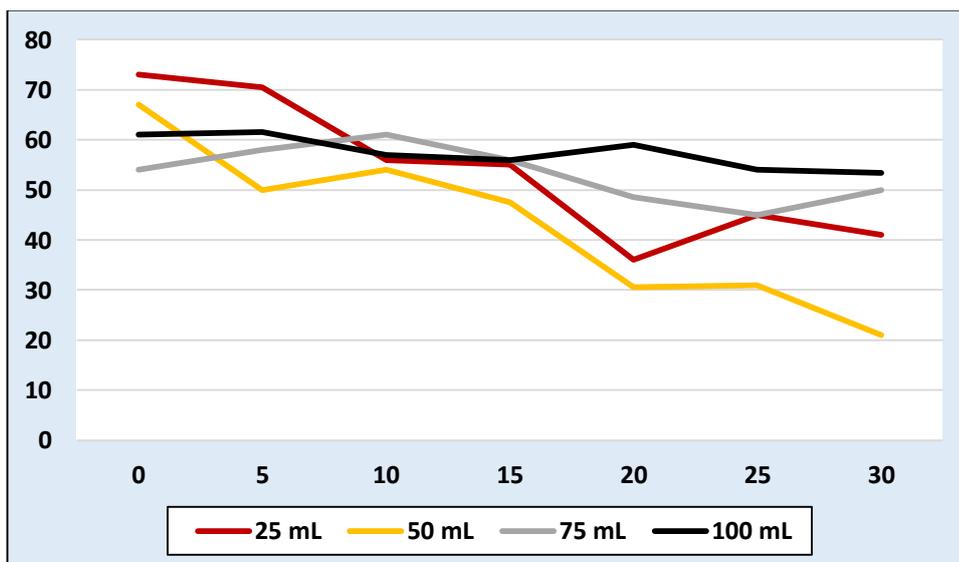
**Gráfico 27: Comparación de la media de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el agua residual láctea del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 27, se observa una disminución en la media de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con respecto a la muestra control (línea de color rojo).

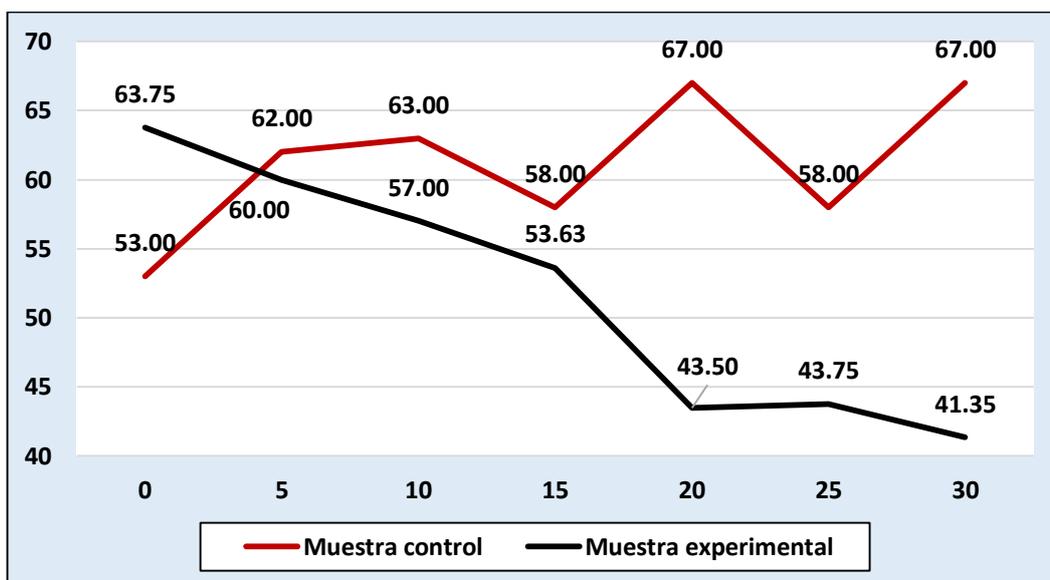
**Gráfico 28: Comportamiento del DBO<sub>5</sub> de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 28, se observa que hay una disminución de la demanda bioquímica del oxígeno a medida que transcurre los días de tratamiento con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*.

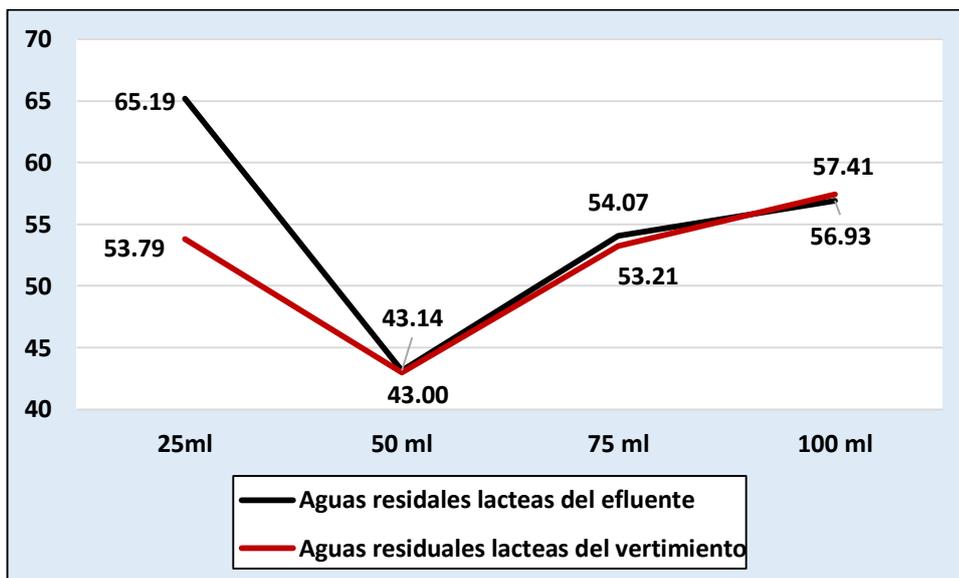
**Gráfico 29: Comparación de la media del DBO<sub>5</sub> de las muestras del agua residual láctea del vertimiento entre la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 29 se observa en la muestra control (línea de color rojo) que hay variaciones con tendencia a aumentar sus valores, lo que no ocurre con las muestras experimentales las cuales presentan una disminución constante en los días de experimentación.

Gráfico 30: Comparación de medias del DBO<sub>5</sub> del agua residual láctea del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 30, se observa que ambas muestras tienen un similar comportamiento, igualmente presentan una inflexión en la dosis de 50 ml.

#### 4.1.7. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL *Paramecium caudatum* EN LA DEMANDA QUÍMICA DEL OXÍGENO.

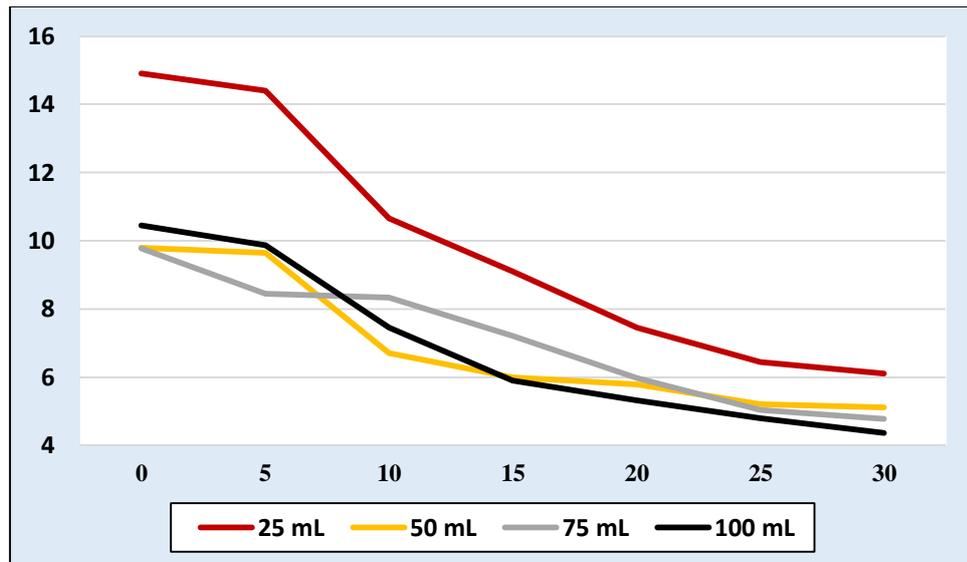
Tabla 11: Medición del DQO en la muestra de agua residual láctea del efluente y en la muestra de agua residual láctea del vertimiento con diferentes dosis de protozoo.

Días tratamiento	Demanda química del oxígeno - mg O <sub>2</sub> /L														
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis						Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis								
	Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L					Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L							
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	Media					
0	15,96	14,9	9,79	9,78	10,5	11,23	17,39	10,47	12,40	13,78	13,14	12,45			
5	15,67	14,4	9,65	8,45	9,87	10,59	17,37	9,79	12,89	11,73	12,89	11,83			
10	15,79	10,7	6,7	8,34	7,46	8,29	17,25	9,45	11,04	10,05	11,17	10,43			
15	15,68	9,1	5,99	7,21	5,89	7,05	17,63	9,96	11,32	10,14	10,45	10,47			
20	15,64	7,45	5,79	5,98	5,32	6,14	17,34	8,01	9,15	9,89	9,79	9,21			
25	15,67	6,45	5,21	5,04	4,79	5,37	17,18	7,79	8,47	8,13	7,84	8,06			
30	15,63	6,1	5,11	4,78	4,36	5,09	17,46	7,43	8,40	8,04	7,64	7,88			
Media	15,72	9,86	6,89	7,08	6,88	7,68	17,37	8,99	10,52	10,25	10,42	10,04			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se registran los valores de la demanda química del oxígeno en la muestra de agua residual láctea del efluente y la del vertimiento para las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*. A continuación, se grafica esta información (gráfica 31).

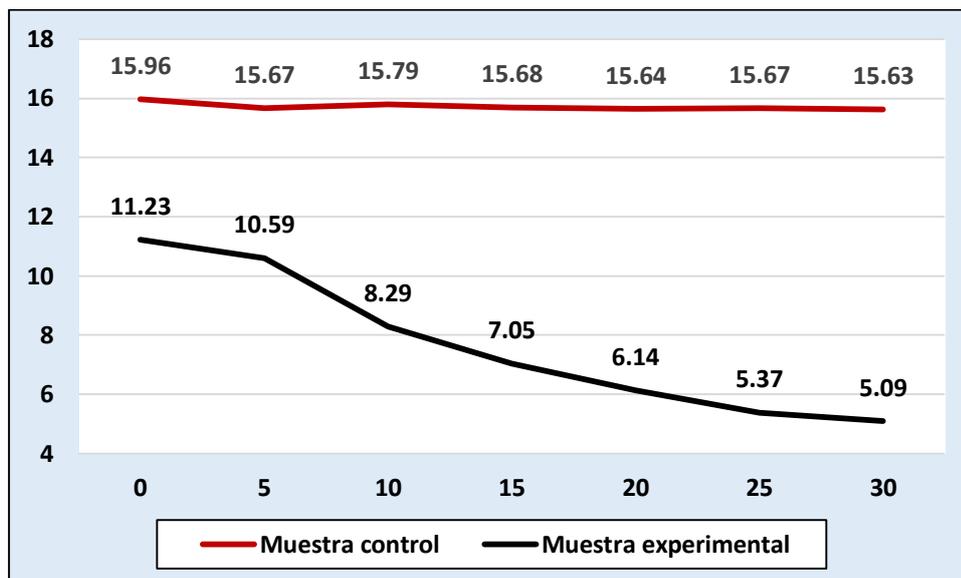
**Gráfico 31: Comportamiento del DQO en la muestra del agua residual láctea del efluente con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum* aplicadas.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 31, se observa la tendencia a la disminución de demanda química del oxígeno a medida que transcurre los días de tratamiento con las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*.

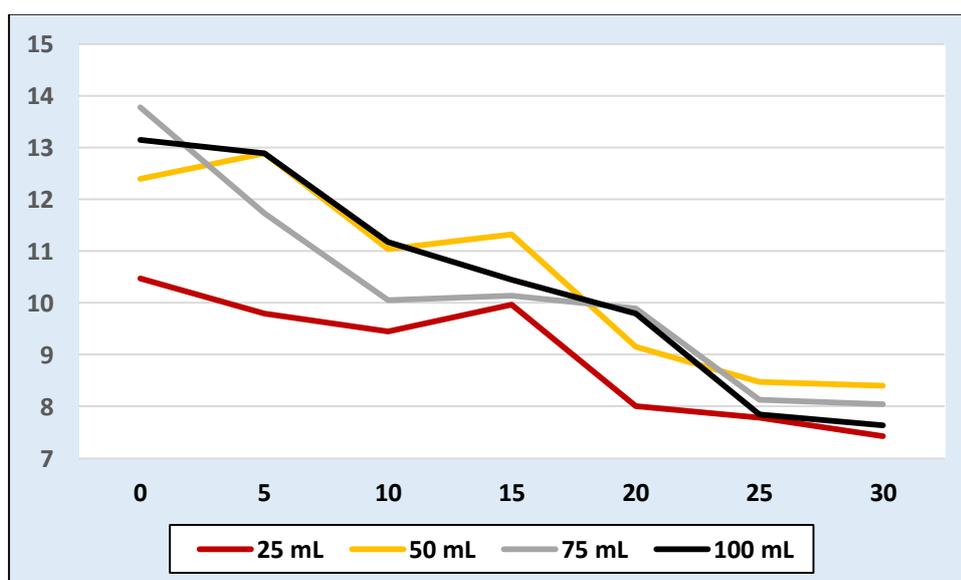
**Gráfico 32: Comparación de la media de la demanda química del oxígeno (DQO) del agua residual láctea del efluente con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 32, se observa una disminución de la demanda química del oxígeno en la media de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium* con respecto a la muestra control (línea de color rojo) que se mantiene sin mayores variaciones.

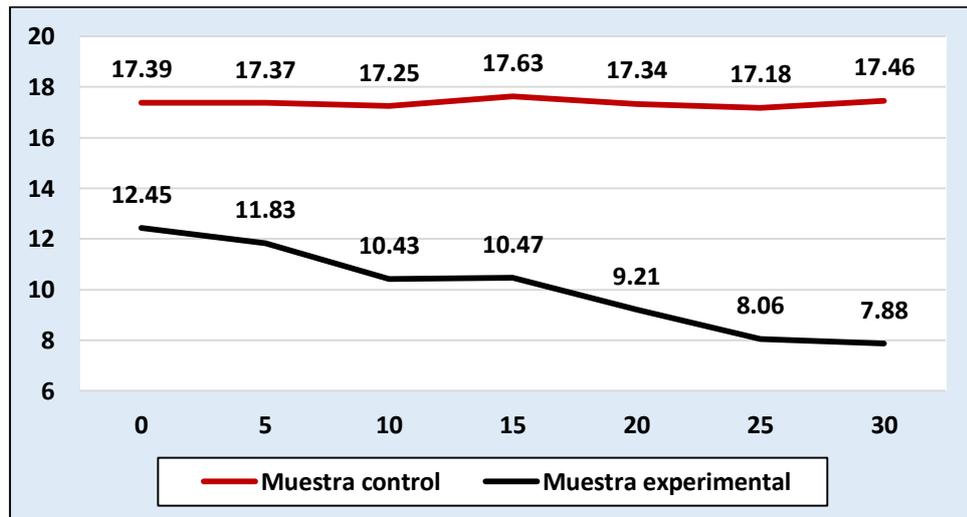
**Gráfico 33: Comportamiento del DQO de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum* aplicadas.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 33, se observa que existe disminución de la demanda química del oxígeno a medida que transcurre los días de tratamiento en las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, se presenta una similar variación en todas las muestras.

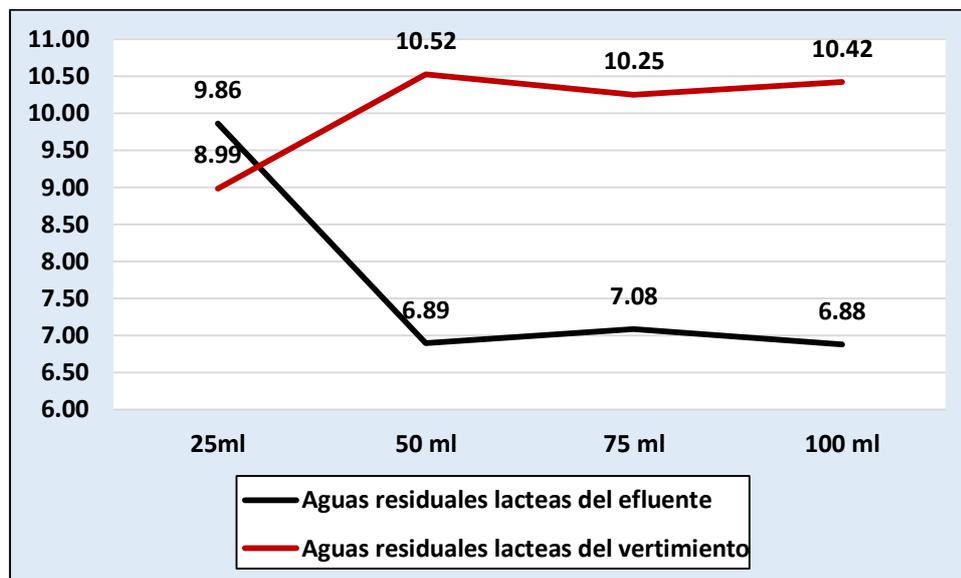
**Gráfico 34: Comparación de la media del DQO de las muestras del agua residual láctea del vertimiento con la muestra control.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 34 se aprecia que existe una disminución de la demanda química de oxígeno en las medias de las muestras experimentales (línea de color negro) donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum* con a la muestra control (línea de color rojo) que se mantiene sin mayores variaciones.

Gráfico 35: Comparación de las medias del DQO del agua residual del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.



Fuente: elaboración propia

Se observa en el gráfico 35 las diferencias en la media de las dos muestras experimentales donde se aplican las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de *Paramecium caudatum*, viendo que hay una mayor disminución en la muestra de agua residual láctea del efluente (línea de color negro).

#### 4.1.8. RESULTADOS DE LAS VARIACIONES EN EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DEL *Paramecium caudatum*.

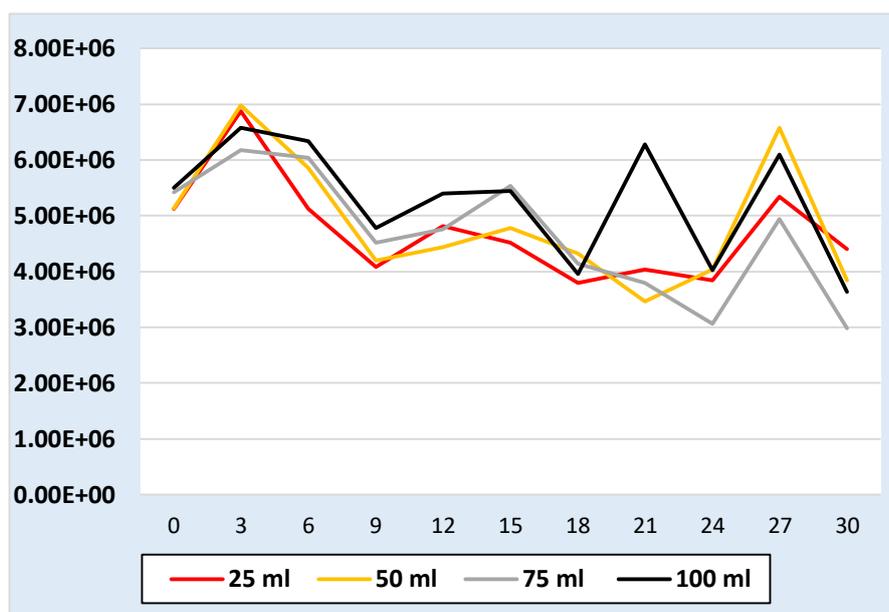
Tabla 12: Crecimiento poblacional de *Paramecium caudatum* en la muestra de agua residual láctea del efluente y del vertimiento con las diferentes dosis.

Días tratamiento	Crecimiento de <i>Paramecium caudatum</i>							
	Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis				Muestra de Agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis			
	Muestra experimental con dosis/2L				Muestra experimental con dosis /2L			
	25 mL	50 mL	75 mL	100 mL	25 ml	50 mL	75 mL	100 mL
0	5,12E+06	5,14E+06	5,42E+06	5,50E+06	4,92E+06	5,06E+06	5,44E+06	5,46E+06
3	6,88E+06	6,98E+06	6,18E+06	6,58E+06	5,36E+06	5,34E+06	6,10E+06	6,72E+06
6	5,12E+06	5,86E+06	6,04E+06	6,34E+06	4,90E+06	4,64E+06	6,46E+06	5,42E+06
9	4,08E+06	4,20E+06	4,52E+06	4,78E+06	5,86E+06	5,62E+06	5,16E+06	6,26E+06
12	4,82E+06	4,44E+06	4,76E+06	5,40E+06	4,54E+06	5,60E+06	6,74E+06	6,24E+06
15	4,52E+06	4,78E+06	5,54E+06	5,44E+06	6,96E+06	6,40E+06	6,44E+06	6,08E+06
18	3,80E+06	4,32E+06	4,14E+06	3,96E+06	6,26E+06	7,30E+06	6,68E+06	7,22E+06
21	4,04E+06	3,46E+06	3,80E+06	6,28E+06	4,86E+06	5,58E+06	7,06E+06	6,94E+06
24	3,84E+06	4,04E+06	3,06E+06	4,02E+06	7,84E+06	7,30E+06	8,28E+06	7,10E+06
27	5,34E+06	6,58E+06	4,94E+06	6,10E+06	7,00E+06	5,60E+06	5,12E+06	5,82E+06
30	4,40E+06	3,84E+06	2,98E+06	3,64E+06	5,04E+06	6,44E+06	5,44E+06	4,70E+06

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se registran los valores el crecimiento poblacional de *Paramecium caudatum* en dosis aplicadas a las muestras. A continuación, se grafica esta información (grafica 36)

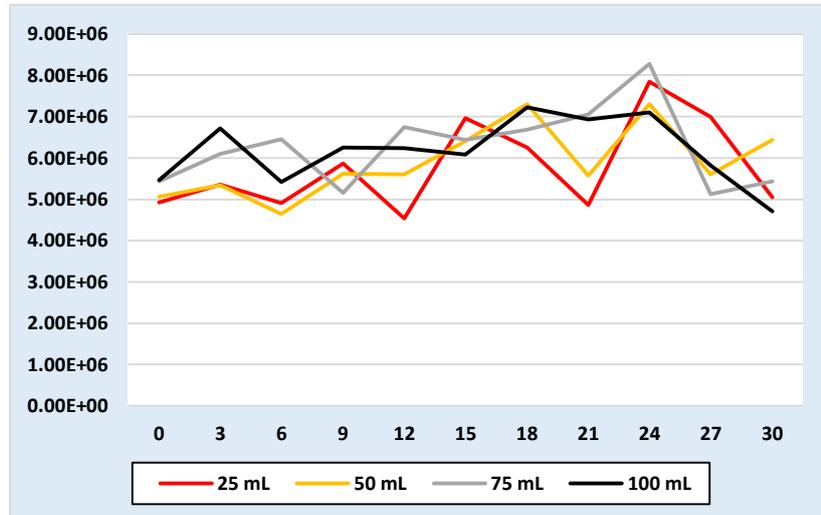
**Gráfico 36: Crecimiento poblacional de *Paramecium caudatum* en la muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis aplicadas.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 36, se observa la variación en el número poblacional de *Paramecium caudatum* a lo largo del tratamiento en las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de las aguas residuales lácteas del efluente.

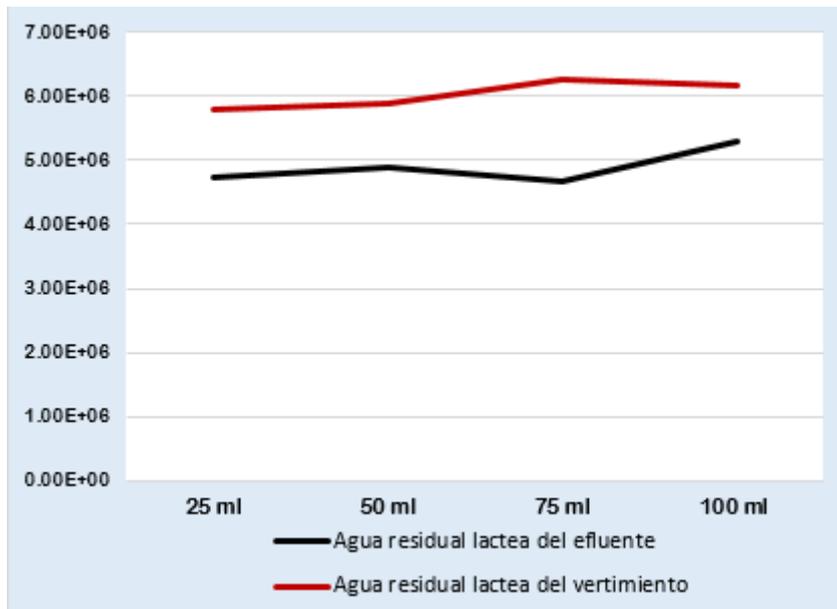
**Gráfico 37: Comportamiento del crecimiento del *Paramecium caudatum* de la muestra de agua residual láctea del vertimiento.**



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 37, se observa la variación en el número poblacional de *Paramecium caudatum* a lo largo del tratamiento en las diferentes dosis (25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL) de las aguas residuales lácteas del efluente.

**Gráfico 38: Comparación de la media del crecimiento del *Paramecium caudatum* en las aguas residuales del efluente y del vertimiento con 25 mL; 50 mL; 75 mL y 100 mL.**



Fuente: elaboración propia

Se observa en el gráfico 38 que la población de protozoos en las distintas muestras tiende a mantenerse estables bajo los parámetros estudiados.

#### 4.1.9. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FINALES DE LAS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL LÁCTEA

Parámetros	Unidades	Caracterización final de las muestras de agua residual láctea después del tratamiento										DECRETO SUPREMO N° 021-2009 VIVIENDA	DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM	DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (ECA)
		Muestra de agua residual láctea del efluente en las diferentes dosis					Muestra de agua residual láctea del vertimiento en las diferentes dosis							
		Muestra control	Muestra experimental con dosis/2L				Muestra control	Muestra experimental con dosis /2L						
		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL		25 mL	50 mL	75 mL	100 mL				
pH	Unidad de pH	2,79	2,35	2,47	2,38	2,15	3,57	3,30	3,10	3,17	3,16	6-9	6,5-8,5	6,5 – 8,5
Turbidez	NTU	87,17	32,50	8,58	9,50	16,58	96,00	21,58	20,16	14,61	15,14	-	-	-
CE	Us/cm	16,75	15,56	13,32	15,16	13,52	9,29	8,98	8,12	8,96	8,47	-	-	2 500µS/cm
SST	mg/l	8,14	7,58	6,98	6,79	7,23	4,65	4,48	4,08	4,18	3,98	500 mg/L	150 mL/L	1 000 mg/L
OD	mg/l	0,20	0,24	0,20	0,23	0,21	0,49	0,36	0,20	0,27	0,19	-	-	≥ 4 mg/L
DBO <sub>5</sub>	mg/l	81,00	58	30	45	55	67,00	41,00	21,00	50,00	53,40	500 mg/L	100 mg/L	15 mg/L
DQO	mg/l	15,63	6,1	5,11	4,78	4,36	17,46	7,43	8,40	8,04	7,64	1000 mg/L	200 mg/L	40 mg/L

Elaboración propia

Se realizó la evaluación de los parámetros finales, al ser compararlos con el DECRETO SUPREMO N°021-2009 VIVIENDA, el DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM y DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, se observa que hay una disminución debido a la influencia del *Paramecium caudatum* del 10% para el parámetro de la DBO<sub>5</sub>, 12% en la DQO, un 15% en los SST, 50% en el pH, 28% en el Oxígeno disuelto y 18% en la CE, sin embargo estos valores aún superan las medidas de establecidas en cada una de las normativas (Valores Máximos Admisibles, los LMP y el ECA).

#### 4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de normalidad Shapiro Wilk ( $n \leq 50$ ) de los indicadores de la recuperación de las aguas residuales

Se formulan las hipótesis para comprobar el comportamiento de la distribución de los puntajes de los indicadores de la recuperación de las aguas residuales.

H0: La distribución de la muestra es normal (Si  $p \geq 0,050$ )

H1: La distribución de la muestra no es normal (Si  $p < 0,050$ )

A continuación, se presenta la tabla de resultados para evaluar la normalidad de los indicadores de la recuperación de las aguas residuales.

**Tabla 13: Prueba de normalidad Shapiro-Wilk**

No	Muestras de datos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig. (p)
1	Muestra control Turbidez	0,886	7	0,256
2	Muestra experimental Turbidez	0,915	7	0,435
3	Muestra control pH	0,910	7	0,399
4	Muestra experimental pH	0,933	7	0,574
5	Muestra control SST	0,976	7	0,939
6	Muestra experimental SST	0,947	7	0,704
7	Muestra control Conductividad	0,965	7	0,857
8	Muestra experimental Conductividad	0,963	7	0,846
9	Muestra control OD	0,930	7	0,553
10	Muestra experimental OD	0,936	7	0,599
11	Muestra control DBO	0,972	7	0,916
12	Muestra experimental DBO	0,769	7	0,020
13	Muestra control DQO	0,763	7	0,017
14	Muestra experimental DQO	0,900	7	0,329

Fuente: **Elaboración propia**

De la Tabla 13 se asevera que, trece de las distribuciones de datos no corresponden a una distribución normal, ya que el nivel de significación ( $p$ -valor) es mayor a 0,050 mientras que los datos que corresponden a la muestra experimental DBQ<sub>5</sub> (0,020) y muestra control DQO (0,017) sí corresponden a una distribución normal, ya que la significación es menor al 5%. Estos resultados de normalidad Shapiro-Wilk nos indican que se debe realizar pruebas no paramétricas para probar las hipótesis de investigación.

### Hipótesis general

La aplicación del *Paramecium caudatum* modifica positivamente la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de H0 y H1:

H0: No hay incremento de la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

H1: Hay incremento de la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba no paramétrica Chi cuadrada de bondad de ajuste, ya que se desea conocer los éxitos observados con respecto a los siete parámetros: DBO<sub>5</sub>; DQO; pH; Turbidez; Conductividad eléctrica; SST y Oxígeno disuelto.

**Tabla 14: Estadísticos del incremento de la recuperación de aguas residuales**

Parámetros	Resultados	Recuperación de aguas residuales
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Disminuye	Incrementa
Demanda química de oxígeno (DQO)	Disminuye	Incrementa
pH	No disminuye	No incrementa
Turbidez	Disminuye	Incrementa
Conductividad eléctrica (CE)	Disminuye	Incrementa
Sólidos suspendidos totales (SST)	Disminuye	Incrementa
Oxígeno disuelto (OD)	No disminuye	No incrementa

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 14 que el valor de  $X^2=3,850$  y el p-valor=0,043 y se concluye en rechazar  $H_0$  y aceptar la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

e. Valor de la prueba

**Tabla 15: Prueba de la hipótesis general**

Estadísticos de prueba	
	Parámetros
Chi-cuadrado	3,850 <sup>a</sup>
gl	1
Sig. asintótica	0,043

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: Hay incremento de la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis general de investigación: La aplicación del *Paramecium caudatum* incrementa la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

**Hipótesis específicas:**

**Hipótesis específica 1**

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

g. Planteamiento de H<sub>0</sub> y H<sub>1</sub>:

H<sub>0</sub>: La mediana de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es mayor o igual a la mediana de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la muestra control.

H<sub>1</sub>: La mediana de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de la demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la muestra control.

h. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

i. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 16: Estadísticos descriptivos de la demanda Biológica del Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Rangos				
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
DBO <sub>5</sub>	Muestra control	7	10,57	74,00
	Muestra experimental	7	4,43	31,00
	Total	14		

Fuente: Elaboración propia

j. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 16 que el valor de z es  $Z=-2,747$  y el p-valor= $0,004$  y se concluye en rechazar  $H_0$  y aceptar la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

k. Valor de la prueba

Tabla 17: Prueba de la hipótesis específica 1

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	DBO
U de Mann-Whitney	3,000
W de Wilcoxon	31,000
Z	-2,747
Sig. asintótica (bilateral)	0,006
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,004 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia

l. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana de la demanda bioquímica del oxígeno ( $DBO_5$ ) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de la demanda bioquímica del oxígeno ( $DBO_5$ ) de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis específica 1: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la demanda bioquímica del oxígeno ( $DBO_5$ ) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

### Hipótesis específica 2

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la demanda química del oxígeno (DQO) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana de la demanda química del oxígeno (DQO) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es mayor o igual a la mediana de la demanda química del oxígeno (DQO) de la muestra control.

$H_1$ : La mediana de la demanda química del oxígeno (DQO) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de la demanda química del oxígeno (DQO) de la muestra control.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 18: Estadísticos descriptivos de la Demanda química del oxígeno (DQO)**

Rangos				
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
DQO	Muestra control	7	11,00	77,00
	Muestra experimental	7	4,00	28,00
	Total	14		

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 18 que el valor de z es  $Z=-3,134$  y el p-valor=0,001 y se concluye en rechazar  $H_0$  y aceptar la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

e. Valor de la prueba

**Tabla 19: Prueba de la hipótesis específica 2**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	DQO
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	28,000
Z	-3,134
Sig. asintótica (bilateral)	0,002
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,001 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana de la demanda química del oxígeno (DQO) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de la demanda biológica del oxígeno (DQO) de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis específica 2: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la demanda química del oxígeno (DQO) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

### Hipótesis específica 3

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye el pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana del pH de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana del pH de la muestra control.

$H_1$ : La mediana del pH de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana del pH de la muestra control.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 20: Estadísticos descriptivos del pH**

Rangos				
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
pH	Muestra control	11	12,32	135,50
	Muestra experimental	11	10,68	117,50
	Total	22		

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 20 que el valor de z es  $Z=-0,591$  y el p-valor= $0,562$  y se concluye en aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

e. Valor de la prueba

Tabla 21: Prueba de la hipótesis específica 3

Estadísticos de prueba	
	pH
U de Mann-Whitney	51,500
W de Wilcoxon	117,500
Z	-0,591
Sig. asintótica (bilateral)	0,554
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,562

Fuente: Elaboración propia

#### Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana del pH de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana del pH de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis nula se concluye que la aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* no disminuye el pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

#### Hipótesis específica 4

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana del índice de turbidez de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana del índice de turbidez de la muestra control.

$H_1$ : La mediana del índice de turbidez de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana del índice de turbidez de la muestra control.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 22: Estadísticos descriptivos del índice de turbidez**

		Rangos		
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Turbidez	Muestra control	11	17,00	187,00
	Muestra experimental	11	6,00	66,00
	Total	22		

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 22 que el valor de z es  $Z=-3,973$  y el p-valor=0,000 y se concluye en rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alterna  $H_1$ .

e. Valor de la prueba

**Tabla 23: Prueba de la hipótesis específica 4**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Turbidez
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	66,000
Z	-3,973
Sig. asintótica (bilateral)	0,000
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,000

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana del índice de turbidez de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana del índice de turbidez de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis específica 4: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

**Hipótesis específica 5**

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

- a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana de la conductividad eléctrica de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana de la conductividad eléctrica de la muestra control.

$H_1$ : La mediana de la conductividad eléctrica de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum caudatum* es menor a la mediana de la conductividad eléctrica de la muestra control.

- b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

- c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 24: Estadísticos descriptivos de la conductividad eléctrica**

Rangos				
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Conductividad eléctrica	Muestra control	11	14,91	164,00
	Muestra experimental	11	8,09	89,00
	Total	22		

Fuente: Elaboración propia

- d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 24 que el valor de z es  $Z=-2,462$  y el p-valor= $0,013$  y se concluye en rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alterna  $H_1$ .

- e. Valor de la prueba

**Tabla 25: Prueba de la hipótesis específica 5**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Conductividad eléctrica
U de Mann-Whitney	23,000
W de Wilcoxon	89,000
Z	-2,462
Sig. asintótica (bilateral)	0,014
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,013

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana de la conductividad eléctrica de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de la conductividad eléctrica de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis específica 5: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

**Hipótesis específica 6**

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye los Sólidos suspendidos totales (SST) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra control.

$H_1$ : La mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra control.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 26: Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales**

**Rangos**

	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
los Sólidos suspendidos totales (SST)	Muestra control	11	14,68	161,50
	Muestra experimental	11	8,32	91,50
	Total	22		

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 26 que el valor de z es  $Z=-2,300$  y el p-valor= $0,021$  y se concluye en rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alterna  $H_1$ .

e. Valor de la prueba

**Tabla 27: Prueba de la hipótesis específica 6**

**Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	Conductividad eléctrica
U de Mann-Whitney	25,500
W de Wilcoxon	91,500
Z	-2,300
Sig. asintótica (bilateral)	0,021
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0,019

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana de los Sólidos suspendidos totales (SST) de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis alterna se concluye aseverando la hipótesis específica 6: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye los Sólidos suspendidos

totales (SST) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

### Hipótesis específica 7

La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* disminuye el oxígeno disuelto (OD) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019.

a. Planteamiento de  $H_0$  y  $H_1$ :

$H_0$ : La mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es igual a la mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra control.

$H_1$ : La mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra control.

b. Nivel de significancia

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia o riesgo del 5% ( $\alpha=0,050$ )

c. Prueba estadística

Se utilizó la prueba de rangos U de Mann-Whitney para muestras independientes.

**Tabla 28: Estadísticos descriptivos del oxígeno disuelto (OD)**

		Rangos		
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
el oxígeno disuelto (OD)	Muestra control	11	11,45	126,00
	Muestra experimental	11	11,55	127,00
	Total	22		

Fuente: Elaboración propia

d. Regla de decisión

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el p-valor es menor al nivel de significancia  $\alpha=0,05$ . Observándose en la tabla 28 que el valor de z es  $Z=-0,330$  y el p-valor=1,000 y se concluye en aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

e. Valor de la prueba

**Tabla 29: Prueba de la hipótesis específica 7**

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Conductividad eléctrica
U de Mann-Whitney	60,000
W de Wilcoxon	126,000
Z	-0,330
Sig. asintótica (bilateral)	0,974
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	1,000

Fuente: Elaboración propia

f. Conclusión estadística

Con un nivel de significación de  $\alpha=0,05$  se asevera que: La mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra experimental donde se aplica el protozoo *Paramecium caudatum* es menor a la mediana del oxígeno disuelto (OD) de la muestra control.

Al aceptar la hipótesis nula se concluye: La aplicación del protozoo *Paramecium caudatum* no disminuye el oxígeno disuelto (OD) de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, para un 95% de nivel de confianza.

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede comparar con estudios con características parecidos.

- El *Paramecium caudatum* está identificado como un microorganismo bioindicador que está presente en el tratamiento de aguas residuales (21) su alimentación consta en el uso de la materia orgánica que está en esta agua. Los valores de pH que prefieren son ligeramente ácidos y es por eso que el agua residual láctea estudiada presenta un pH de entre 4-5, pero el trabajo (26) menciona que los microorganismos eficaces trabajan en un pH ácido y alcalino, aunque una mejor acción en alcalino. Infiriendo que hubo una poca significancia del microorganismo ya que la muestra de agua residual láctea tiene un pH ácido.
- La Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): se obtiene en los resultados una disminución del parámetro debido a la influencia del *Paramecium caudatum* en los 30 días de experimentación en ambas muestras analizadas independientemente de las dosis aplicadas. Si comparamos los resultados con el trabajo (19), muestra una disminución más grande debido a la aplicación de un conjunto de microorganismos

(Versaklin) lo que significa que este producto es capaz de influir más ampliamente en la materia orgánica debido a la acción conjunta de varios microorganismos. También encontramos que en (23) usan microorganismos eficaces para la el tratamiento de aguas residuales degradando la materia orgánica y obteniendo como resultado la disminución del DBO<sub>5</sub> comparado con la muestra control. En (22) muestran una metodología parecida analizando dos tipos de muestras con diferentes dosis obteniendo disminuciones en el DBO<sub>5</sub> progresivas en las muestras debido a la presencia de los microorganismos eficientes (una variedad de microorganismos que se encargan de degradar la materia orgánica). Sin embargo, el objetivo de éste trabajo es medir la influencia de los protozoos de manera independiente debido a su carácter heterótrofo, lo cual podría llevarnos a diferenciar la acción de los diferentes organismos en un sistema.

- La Demanda Química del Oxígeno (DQO) presenta una disminución en los 30 días de tratamiento debido a la influencia del *Paramecium caudatum* en ambas muestras evaluadas. Si se compara con los resultados obtenidos en (26) donde presentan una reducción del parámetro más alto producido por el tratamiento con microorganismos eficaces con la dosis de 2% a los 30 días, esto permite inferir que el *Paramecium caudatum* influye en la reducción de la contaminación estudiada aunque mejoraría el valor de algunos parámetros en acción conjunta con otros microorganismos.
- En cuanto a las características del *Paramecium caudatum*, frente a su acción en el trabajo (20) “Los protozoos ciliados como bioindicadores en el tratamiento de las aguas residuales” resalta su uso para la valoración de la contaminación, en este trabajo se creó un ambiente adecuado para el desarrollo del ciclo biológico de los ciliados encontrándose variaciones en las comunidades y niveles de población, infiriendo que debido a estas características los *Paramecium caudatum* generan cambios en las aguas residuales lácteas y en crecimiento de su población.
- Dentro de los parámetros físicos evaluados, en lo que se refiere a sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica y turbidez; se presenta una ligera disminución en todas las dosis aplicadas con relación a la muestra control, lo que no sucede con el pH y el Oxígeno disuelto. En el trabajo de (4) se hizo uso de microorganismos eficientes y no se encontraron diferencias significativas en los parámetros medidos. El uso del protozoo independiente tiene una influencia positiva en las muestras experimentales debido a su forma de alimentación ya que este

microorganismo hace uso de la materia orgánica presente en las aguas residuales lácteas.

- Analizando la muestra de agua residual láctea, los parámetros al inicio de su descarga presentan valores que superaban los Valores Máximos Admisibles (VMA) (50) pero con la aplicación del protozoo se genera una disminución.
- En general se observa que hasta el día 18 no suceden grandes cambios en los valores de los parámetros medidos, lo cual coincide aproximadamente con el período de adaptación de los microorganismos a su nuevo ambiente (69). A partir del día 18 las variaciones son más significativas alejándose de los valores de las muestras control, esto coincide con el período de mayor actividad de los microorganismos. Se observa también que alrededor de los días 18 -21 las curvas sufren una inflexión para luego seguir con la tendencia. Esto también coincide con los períodos de recambio poblacional.

## CONCLUSIONES

1. La aplicación del *Paramecium caudatum* influye en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, aseveración que se hace para un 95% de confianza.
2. La aplicación del *Paramecium caudatum* genera una disminución en la demanda biológica del oxígeno (DBO), la demanda química del oxígeno (DQO), la turbidez, la conductividad eléctrica y los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi-Concepción 2019, lo que no ocurre en el pH y oxígeno disuelto, aseveración que se hace para un 95% de confianza.
3. No hay una diferencia significativa en las diferentes dosis aplicadas en las muestras experimentales. Los parámetros evaluados siguen la misma tendencia, sin necesidad de que influya la cantidad de microorganismos aplicados a las muestras.
4. El *Paramecium caudatum*, tendrá un mejor desenvolvimiento en aguas con contaminantes orgánicos que tenderán a la fermentación.
5. De igual manera, para los parámetros evaluados, no se observaron diferencias significativas entre las dos muestras evaluadas. Que procedían de la empresa latea "LÁCTEOS DEL VALLE-MATAHUASI"
6. Concluimos que en las muestras del efluente y del vertimiento, para el conjunto de los parámetros evaluados, en general el comportamiento del *Paramecium caudatum* presenta una influencia más evidente a partir del día 18, para todas las dosis aplicadas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Con los resultados de la presente investigación que nos indican la actividad de los organismos heterótrofos en el ecosistema estudiado lo cual se refleja sobre todo en el pH y oxígeno disuelto, podemos recomendar que para mejorar el rendimiento se puede utilizar un conjunto de organismos autótrofos y heterótrofos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANGO, O en SANCHES, L. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo UASB. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2009. Vol. 7, p. 24–31.
2. ELAKKIYA, E en MATHESWARAN, M. Comparison of anodic metabolisms in bioelectricity production during treatment of dairy wastewater in Microbial Fuel Cell. *Bioresource Technology*. 2013. Vol. 136, p. 402–417.
3. FELIPE TIRADO ARMESTO, Diego, ALBERTO GALLO GARCÍA, Luis, ACEVEDO CORREA, Diofanor en ALEJANDRO MOUTHON BELLO, Javier. Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. *produccion + limpia*. 2016. Vol. 11, no. 1, p. 171–174.
4. CARDONA GÓMEZ, Juanita. *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES (EMR) SOBRE LA CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2008.
5. ROMERO AGUILAR, Mariana, COLIN CRUZ, Arturo, SANCHEZ SALINAS, Enrique en ORTIZ HERNANDEZ, Laura. Tratamiento de aguas residuales pro un sistema piloto de humedales astificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2009. Vol. 25, no. 3, p. 157–167.
6. LARIOS MEOÑO, J.Fernando, GONZÁLEZ TARANCO, Carlos en MORALES OLIVARES, Yennyfer. LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ. *Revista Saber y Hacer*. 2015. Vol. 2, no. 2, p. 09–25.
7. WWAP (PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LAS NACIONES. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. AGUAS RESIDUALES . El Recurso Desaprovechado*. Paris , Francia, 2017.
8. SUNASS. *Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución*. 2008. Lima : Deposito Legal en la Biblioteca Nacional del Peru N°2008-14631.
9. AMBIENTAL, OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización. *Fiscalización ambiental en AGUAS RESIDUALES*. 2014.
10. PABLO DANIEL MAZÓN. *ANÁLISIS DEL CARBÓN ACTIVADO COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA “MONTEVERDE” EN EL BARRIO ROCAFUERTE CANTÓN DE PÍLLARO PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
11. CORDOBA, Joaquin, DI GIORGI, Hugo, ZUBIAURRE, Lucas, CISNEROS, Basualdo,

- NICOLÁS, Eloy, PURICELLI, Marino en ROLANDO, Rocio. *GESTIÓN DEL AGUA Y RESIDUOS DE QUESERIAS FAMILIARES DEL CLUSTER QUESERO DE TANDIL: RESULTADOS PRELIMINARES*. 2016. Tandil Buenos Aires, Argentina.
12. ZARATE MALPICA, Angel Hector. *Una Mirada Diferente a la Cadena de Lacteos en Matahuasi*. HUANCAYO : Grapex Perú S.R.L, 2016. ISBN 978-612-00-2477-5.
  13. ARANGO RUIZ, Alvaro del Jesus en GARCES GIRALDO, L.F. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea por electrocoagulación. *INGENIERIA QUIMICA*. 2008. Vol. 458, no. 0210–2064, p. 180–186.
  14. BERTOLA, Nora. C, BREDA, Romina, CONTRERAS, Edgardo Martin en BEVILACQUA, Alicia . E. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA. EFECTO DE LA RELACIÓN C:N:P SOBRE LA SEDIMENTABILIDAD DE LOS BARROS. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 2002. Vol. 62–63, p. 69.
  15. LUNA PABELLO, Victor Manuel. *Atlas de Ciliados y otros Microorganismos frecuentes en Sistemas de Tratamiento aerobio de Aguas Residuales* [online]. Mexico, 2006. ISBN 970-32-3399-6. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/41693860\\_Atlas\\_de\\_ciliados\\_y\\_otros\\_microorganismos\\_frecuentes\\_en\\_sistemas\\_de\\_tratamiento\\_aerobio\\_de\\_aguas\\_residuales\\_VM\\_Luna\\_Pabello](https://www.researchgate.net/publication/41693860_Atlas_de_ciliados_y_otros_microorganismos_frecuentes_en_sistemas_de_tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales_VM_Luna_Pabello)
  16. MARIN, Julio Cesar, RINCON, Neil, DIAZ-BORREGO, Laugeny en MORALES, Ever. Cultivo de protozoarios ciliados de vida libre a partir de muestras de agua del Lago de Maracaibo. *Arbitraria Venezolana del Nucleo LUZ-Costa Oriental del Lago*. 2007. Vol. 12, no. Junio, p. 157–170.
  17. ARANA, Ines, ORRUÑO, Maite en BARCINA, Isabel. ENUMERACIÓN DE MICROORGANISMOS. In : *COMO ABORDAR Y RESOLVER ASPECTOS PRACTICOS DE MICROBIOLOGIA* [online]. 2010. p. 16. Available from: [https://www.academia.edu/35639646/COMO\\_ABORDAR\\_Y\\_RESOLVER\\_ASPECTOS\\_PRACTICOS\\_DE\\_MICROBIOLOGIA\\_2\\_ENUMERACION\\_DE\\_MICROORGANISMOS](https://www.academia.edu/35639646/COMO_ABORDAR_Y_RESOLVER_ASPECTOS_PRACTICOS_DE_MICROBIOLOGIA_2_ENUMERACION_DE_MICROORGANISMOS)
  18. CARRILLO, Marco Zamora. Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*. 2015. Vol. 5, no. 1, p. 13–26. DOI 10.17268/agroind.science.2015.01.02.
  19. ROMERO, Teresita en VARGAS, Dabiel. Efficient microorganisms in polluted water treatment. [online]. 2017. Vol. XXXVIII, no. 3, p. 88–100. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>
  20. ESTEBAN PENELAS, Genoveva. *Los Protozoos ciliados como Bioindicadores en el tratamiento de las aguas residuales*. 1989.

21. LÓPEZ, Tomás, MARETUZZO, Carlos, UDE, Ramón, AHRENS, Marlene en NARVÁEZ, Lurdes. *“Identificación de Microorganismos Bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales”*. 2010.
22. FERNANDO HERRERA, Oscar A en JAVID CORPAS, Eduardo I. Reducción De La Contaminación En Agua Residual Industrial Láctea Utilizando Microorganismos Benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [online]. 2013. Vol. 11, no. 1, p. 57–67. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a07.pdf>
23. TOC AGUILAR, René Manuel. *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras*. 2012.
24. ZAVALLA POPE, Mauricio. *ANALISIS DEL SECTOR LACTEO PERUANO*. Lima, 2010.
25. MORALES CHUQUIMANTARI, Edson Javier. *Evaluación de la Tratabilidad del Efluente Generado por la Planta Piloto de Leche UNALM Aplicando un reactor UASB* [online]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias., 2014. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2101>
26. APAZA SAAVEDRA, Alejandro. *Uso de Microorganismos Eficaces en el mejoramiento de la calidad de aguas residuales de la Industria Láctea, LIMA - 2017*.. 2017..
27. BELTRÁN, Tony en CAMPOS, Cynthia. *Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja* [online]. 2016. Available from: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3461/Beltran Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3461/Beltran_Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
28. ESPINARES GARCIA, M. en PEREZ LOPEZ, J.A. *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. 1985.
29. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA. *CONDORCHEM ENVITECH smart ideas for wastewater y air treatment* [online]. 2016. Available from: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>.
30. AGUAS INDUSTRIALES . Depuradora de Aguas Residuales industria láctea – Aspectos Medioambientales que todo responsable de calidad debe controlar. [online]. 2014. Available from: <http://aguasindustriales.es/depuradora-de-aguas-residuales-industria-lactea-aspectos-medioambientales-que-todo-responsable-de-calidad-debe-controlar/>.
31. DE ROMERO LOPEZ, Teresita, SANTISO GARBAYO, Patricia en GONZALEZ DIAZ, Orestes Arsenio. *Caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL*. 2014.
32. KUSHWAHA, J. P, SRIVASTAVA, V. C en MALL, I. D. Organics removal from dairy wastewater by electrochemical treatment and residue disposal. *Separation and Purification*

- Technology*. 2010. Vol. II, p. 198–205.
33. VALENCIA DENICIA, ELIZABETH RAMIREZ CASTILLO, María Letizia. La Industria de la leche y la Contaminación de agua. *Elementos: Ciencia y Cultura*. 2009. Vol. 16, no. 0187–9073, p. 27–31.
  34. LAGOS, S. *Identificación de los Factores de la Cadena Productiva que influyen en la inocuidad del queso fresco de los Productores del Distrito de Matahuasi*. Maestría en Tecnología y gestión de la calidad de los Alimentos. UNCP, 2011.
  35. AMBIENTAL), DIGESA (Dirección General de Salud. *Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. 2011. Lima-Perú.
  36. Protozoos. *AMBIENTUM Portal Profesional del Medio Ambiente* [online]. Available from: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/protozoos.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/protozoos.asp).
  37. PIEDRAHITA MURCIA, Marlio. *Implementación Y Reproducción Del Protozoario Paramecium Sp. En Laboratorios De Ciencias Naturales De Educación Secundaria* [online]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2013. Available from: <http://bdigital.unal.edu.co/11867/1/71641851.2013.pdf>
  38. WEGENER, José F. Biología de los Animales, Ministerio de la educación. *Ministerio de la educación*. 1963. Vol. Primera Ed.
  39. LECHUGA ZÁRATE, Ana Isabel. *DESARROLLO DE LA UNIDAD 4: PROTOZOARIOS*.
  40. MOELLER, Gabriela en TOMASINI ORTIZ, Ana Cecilia. *MICROBIOLOGÍA DE LODOS ACTIVADOS*.
  41. SLEIGH, Michael A. THE BIOLOGY OF PROTOZOA. [online]. 1973. Available from: <http://www.ciencias.ula.ve/biolprot/protozoo/nutproto.htm>
  42. BERRIO, Stephanie. MEDIOS DE CULTIVO. . 2016.
  43. *Demanda bioquímica de oxígeno en aguas superficiales*. 2015.
  44. CARSWELL, P.B, WASMUND, D.C. en ANDERSON, W.C. The application of traditional data quality objectives (DQOs) to the measurement of stack gas unspciated masstechniques and observations. *WASTE MANAG*. 2016. Vol. 20, p. 385–394.
  45. LOPEZ GUERRERO, A en SANCHEZ ORTIZ, I. *Postratamiento en escala piloto del lixiviado del relleno sanitario Antanas (Pasto-Nariño) por filtración-adsorción con arena, antracita y carbón activado*. 2015.
  46. METAS Y METRÓLOGOS, Asociados. Medición de Turbidez en la Calidad del Agua. *La Guía MetAs* [online]. 2010. P. 1–6. Available from: <http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia->

metas-10-01-turbidez.pdf

47. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. *INFO AGRO.COM* [online]. Available from: [https://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_conductividad\\_electrica.asp?k=53](https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53)
48. CALIFORNIA STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD. Folleto Informativo Oxígeno Disuelto. *Waterboards program* [online]. P. 5. Available from: [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)
49. Gestión de la Calidad del Agua. *Ministerio del Ambiente (MINAM)* [online]. 2019. Available from: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/gestion-de-la-calidad-del-agua/>.
50. SUPREMO, Decreto. MINISTERIO DEL VIVIENDA, SANIAMIENTO Y CONSTRUCCION. D.S. No (D.S.) N° 021-2009 Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. *Diario El Peruano 20 de noviembre de 2009*. 2009. p. 1–3.
51. MINAM. *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM*. 2010.
52. Distrito de Matahuasi. *Municipalidad Provincial de Concepcion* [online]. Available from: [http://municoncepcion.gob.pe/nuestra\\_ciudad/lugares\\_turisticos/distrito-de-matahuasi-lugares-turisticos/](http://municoncepcion.gob.pe/nuestra_ciudad/lugares_turisticos/distrito-de-matahuasi-lugares-turisticos/).
53. PAGADOR MOYA, Carlos Javier. *PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD EN CUERPOS NATURALES DE AGUA SUPERFICIAL*. 2011. Lima.
54. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN S.090 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. . 2006.
55. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE-GLOSARIO. *JUNTA DE ANDALICIA* [online]. Available from: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/pls/wwwcma/consulta\\_glosario.pagina\\_2?fuente=1&titulo1=&S\\_TITULO=Y&titulo2=&num\\_fila=100](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/pls/wwwcma/consulta_glosario.pagina_2?fuente=1&titulo1=&S_TITULO=Y&titulo2=&num_fila=100)
56. WATER TREATMENT. [online]. Available from: <https://www.lenntech.es/glosario-agua.htm>
57. Glosario-Tratamiento de las aguas Residuales. *Glosarios* [online]. Available from: <https://glosarios.servidor-alicante.com/tratamiento-aguas-residuales>
58. ESPOL. Capítulo 4 Estudio de Impacto Ambiental para la Construcción y Operación De las Nuevas Instalaciones del Diario “El Telégrafo ” 4-1. *El telégrafo*. 2011. P. 1–28.
59. Diccionario de salud y medio ambiente con las de 3500 definiciones de terminos. *OSMAN (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía)* [online]. Available from: <http://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=13180>

60. ENVIRONMENT, GREENFACTS Facts on Health and the. Glosario - Microorganismo. [online]. Available from: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/microorganismo.htm>
61. LEICA. Glosario de Términos Ópticos. .
62. UNIVERSIDADES, Profesional Y. *GLOSARIO DE TÉRMINOS CUALIFICACIÓN PROFESIONAL : CONDUCCIÓN SUBACUÁTICA E INICIACIÓN EN BUCEO DEPORTIVO* Código : AFD502 \_ 2.
63. AMBIENTE, Ministerio del. *LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SI REGLAMENTO*. 2001.
64. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la Investigación - Sexta edición*. Sexta Edic. Mexico D.F., 2014. ISBN 9781456223960.
65. ROMERO CABALLERO, Alejandro. Metodología de la investigación científica. In : *Metodología de la investigación científica*. 1a Edición. Lima, 2000. p. 5–105. ISBN 9972922618.
66. MORON, Emilio. Caracterización de efluentes de la industria quesera. *Steemit* [online]. 2017. Available from: <https://steemit.com/stem-espanol/@emiliomoron/caracterizacion-de-efluentes-de-la-industra-quesera>
67. AMBIENTAL, Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medio. *Contaminación de las aguas. Sector Lácteo . Los vertidos del sector Lácteo*. 2006.
68. MINISTERIO DE AGRICULTURA en AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo De Monitoreo De La Calidad De Los Recursos Hidricos Autoridad Nacional Del Agua – DGCRH*. Lima.
69. *Crecimiento, muerte y dinámica de poblaciones*.
70. DE RON PEDREIRA, Antonio Miguel en MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Ana María. *Geología y Biología-Volumen Pactico* [online]. Segunda Ed. Editorial Mad, S.L, 2004. ISBN 84-665-3979-4. Available from: [https://books.google.com.pe/books?id=chRsp5RJtUkC&pg=PA86&lpg=PA86&dq=curva+d e+crecimiento+del+paramecium+caudatum&source=bl&ots=URJoi1WU7N&sig=ACfU3U1TZ0FL7JaAou7zaKBFwdbXlxKUxQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwji4KiM3o\\_IAhUiqlkKHV5aCqYQ6AEwDHoECAkQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=chRsp5RJtUkC&pg=PA86&lpg=PA86&dq=curva+d e+crecimiento+del+paramecium+caudatum&source=bl&ots=URJoi1WU7N&sig=ACfU3U1TZ0FL7JaAou7zaKBFwdbXlxKUxQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwji4KiM3o_IAhUiqlkKHV5aCqYQ6AEwDHoECAkQAg#v=onepage&q&f=false)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DEL PROTOZOO <i>Paramecium caudatum</i> EN LA RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS QUESERÍAS DEL DISTRITO DE MATAHUASI, CONCEPCIÓN- JUNÍN 2019			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi – Concepción 2019?	Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi – Concepción 2019.	La aplicación del <i>Paramecium caudatum</i> influye positivamente la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019,	<p><b>V. Independiente:</b></p> <p>Influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i></p>
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	
<p>¿Cuál es influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del DBO<sub>5</sub> Y DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?</p> <p>¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?</p> <p>¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?</p> <p>¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación de la conductividad</p>	<p>Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del DBO<sub>5</sub> Y DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.</p>	<p>La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en el DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p> <p>La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en el DQO de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p> <p>La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en el pH de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p> <p>La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en el índice de turbidez de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p>	<p><b>V. Dependiente:</b></p> <p>Recuperación de aguas residuales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidez</li> <li>• pH</li> <li>• SST</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> <li>• Oxígeno disuelto</li> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• DQO</li> </ul>

<p>elétrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?  ¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación de los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?  ¿Cuál es la influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019?  ¿Cuál será la variación en el número de la población del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> al ser aplicado en la muestra de agua residual?</p>	<p>Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación de la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.  Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación de los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.  Determinar la influencia de la aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> en la variación del oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi- Concepción 2019.  Determinar el conteo poblacional del protozoo <i>Paramecium caudatum</i></p>	<p>distrito de Matahuasi - Concepción 2019.  La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en la conductividad eléctrica de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.  La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en los SST de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019,  La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> influye en el oxígeno disuelto de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p>	
--	---	--	--

## ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Instrumento y/o técnicas
<p>La aplicación del protozoo <i>Paramecium caudatum</i> incrementa la recuperación de las aguas residuales de las queserías del distrito de Matahuasi - Concepción 2019.</p>	<p><b>V, Independiente:</b></p> <p>Influencia del protozoo <i>Paramecium caudatum</i></p>	<p><b>Desarrollo del <i>Paramecium caudatum</i></b></p>	<p>Conteo de individuos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de observación, Ficha de información técnica, Análisis de laboratorio, Técnicas de análisis de datos</li> </ul>
	<p><b>V, Dependiente:</b></p> <p>Recuperación de aguas residuales</p>	<p><b>Parámetros físico – químicos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbidez</li> <li>- SST</li> <li>- pH</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fichas de observación, Ficha de información técnica, Análisis de laboratorio,</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- DBO<sub>5</sub></li> <li>- DQO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación directa, Ficha de información técnicas, normativas ambientales, Análisis de laboratorio, Técnicas de análisis de datos</li> </ul>

## ANEXO 3: CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL



El que suscribe jefe de laboratorio de ciencias básicas Ing. Torres Cáceres Carmen Rosa.

### CONSTANCIA

Hacemos constar que la Srta. **RODRIGUEZ ROBLES DIANA CAROLINA**, identificado con el DNI **71127778**, hizo uso de los recursos del laboratorio para el desarrollo de la tesis de investigación **“INFLUENCIA DEL PROTOZOO *Paramecium caudatum* EN LA RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS QUESERÍAS DEL DISTRITO DE MATAHUASI, CONCEPCIÓN- JUNÍN 2019”**, a partir del 22 de agosto del 2019 hasta el 14 de setiembre del 2019. Habiendo hecho uso de los equipos y materiales con responsabilidad y eficiencia.

Se expide la presente constancia que acredita el uso del laboratorio de microbiología de la Universidad Continental.

Huancayo, 27 de setiembre del 2019


**Carmen Torres Cáceres**  
Jefatura de Laboratorios de  
Ciencias Básicas  
Universidad Continental

Ing. Torres Cáceres Carmen Rosa  
Jefa de Laboratorios De Ciencias Básicas

[ucontinental.edu.pe](http://ucontinental.edu.pe)

**Lima**  
Jr. Junín 355, Miraflores  
(01) 213 2760

**Arequipa**  
Calle Alfonso Ugarte 607 - Yanahuara  
(54) 412 030

**Huancayo**  
Av. San Carlos 1980  
(64) 481 430

**Cusco**  
Urb. Manuel Prado B-13  
(84) 480 070

**ANEXO 4: MATRIZ DEL CONTEO EL *PARAMECIUM CAUDATUM* EN LAS DIFERENTES DOSIS**

		CONTEO DE MICROORGANISMOS																			DATOS DE CAMARA						
		CUADRICULAS DE LA CAMARA DE CONTEO																			PROM	PROFUNDIDAD	VOLUMEN	N° mL /cuadrícula	FACTOR DE DILUCION	CONTEO DE ORGANISMOS	
TIPO DE MUES	CONCENTRACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Cultivo General	2L	9	10	13	8	20	10	12	6	15	##	90	45	9	7	12	6	4	2	2	1	21.55				1	8.62E+07
DIA 0																											
AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																											
Muestra 1	2L/25ml	6	10	7	6	10	11	37	24	8	10	12	16	10	14	16	13	7	19	5	5	12.3					4.92E+06
Muestra 2	2L/50ml	10	17	12	11	11	9	7	16	10	17	19	20	10	14	16	10	11	13	10	10	12.65					5.06E+06
Muestra 3	2L/75ml	17	15	12	10	17	19	18	10	17	9	9	10	15	17	14	10	10	17	16	10	13.6					5.44E+06
Muestra 4	2L/100ml	14	17	16	18	13	10	10	17	12	18	10	10	10	18	13	14	19	15	10	9	13.65					5.46E+06
AGUA RESIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																											
Muestra 1	2L/25ml	4	10	8	8	6	17	18	9	20	14	16	20	20	7	11	10	13	14	15	16	12.8					5.12E+06
Muestra 2	2L/50ml	9	7	8	2	7	19	10	17	16	20	11	11	19	10	17	16	17	12	15	14	12.85					5.14E+06
Muestra 3	2L/75ml	18	15	12	17	14	16	18	11	10	10	34	7	9	8	10	10	11	15	13	13	13.55					5.42E+06
Muestra 4	2L/100ml	17	20	19	10	17	13	11	10	9	4	3	17	15	20	10	17	13	15	17	18	13.75					5.50E+06
DIA 3																											
AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																											
Muestra 1	2L/25ml	12	16	17	15	11	14	20	9	10	11	13	7	6	10	9	15	18	29	12	14	13.4					5.36E+06
Muestra 2	2L/50ml	10	14	20	17	16	10	9	7	8	13	18	12	6	17	20	15	14	19	10	12	13.35					5.34E+06
Muestra 3	2L/75ml	13	9	10	11	10	9	11	12	17	18	19	20	22	21	16	18	17	14	19	19	15.25					6.10E+06
Muestra 4	2L/100ml	12	8	17	16	14	17	15	18	20	22	22	16	17	19	17	12	17	14	18	25	16.8					6.72E+06
AGUA RESIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																											
Muestra 1	2L/25ml	17	28	12	16	14	30	20	36	14	16	23	24	8	13	17	8	12	14	8	14	17.2					6.88E+06
Muestra 2	2L/50ml	24	26	6	18	16	18	12	14	14	16	16	18	22	17	20	19	30	10	18	15	17.45					6.98E+06
Muestra 3	2L/75ml	18	12	9	12	12	20	19	26	12	20	16	12	14	35	12	16	10	16	8	10	15.45					6.18E+06
Muestra 4	2L/100ml	20	19	14	21	18	30	12	9	16	15	20	15	26	17	25	6	17	4	13	12	16.45					6.58E+06
DIA 6																											
AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																											
Muestra 1	2L/25ml	18	17	16	13	20	5	10	13	12	11	15	12	9	7	4	10	11	15	14	13	12.25					4.90E+06
Muestra 2	2L/50ml	10	5	6	14	15	20	11	16	18	20	17	12	10	9	8	2	0	14	15	10	11.6					4.64E+06
Muestra 3	2L/75ml	15	12	16	17	20	25	18	14	16	13	17	18	20	22	17	15	9	10	17	12	16.15					6.46E+06
Muestra 4	2L/100ml	19	12	11	9	7	6	8	15	30	17	16	15	20	25	14	12	11	10	8	6	13.55					5.42E+06
AGUA RESIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																											
Muestra 1	2L/25ml	15	16	18	17	14	11	11	10	9	7	14	15	17	11	8	4	16	17	12	14	12.8					5.12E+06
Muestra 2	2L/50ml	20	17	12	15	13	16	14	10	11	17	8	16	14	20	21	17	15	10	10	17	14.65					5.86E+06
Muestra 3	2L/75ml	14	18	13	14	13	17	10	20	13	11	11	8	17	14	19	21	20	10	14	25	15.1					6.04E+06
Muestra 4	2L/100ml	19	14	10	13	14	15	15	14	14	7	19	12	11	17	20	28	30	14	20	11	15.85					6.34E+06

DIA 9	AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																				0.1								
	Muestra 1	2L/25ml	14	12	14	11	9	8	14	16	17	20	11	17	16	12	11	14	16	17						20	24	14.65	5.86E+06
	Muestra 2	2L/50ml	20	17	18	10	11	14	16	13	17	10	20	11	17	13	17	20	10	11						9	7	14.05	5.62E+06
	Muestra 3	2L/75ml	14	7	16	20	16	14	13	10	11	17	16	17	12	17	20	5	8	6						10	9	12.9	5.16E+06
	Muestra 4	2L/100ml	16	15	16	17	18	19	20	17	16	10	11	17	16	20	11	17	13	17						16	11	15.65	6.26E+06
	AGUA RESIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																												
	Muestra 1	2L/25ml	10	15	17	11	10	14	10	0	5	7	9	10	11	13	14	20	9	5						4	10	10.2	4.08E+06
	Muestra 2	2L/50ml	14	20	11	8	8	9	9	7	5	10	17	14	13	11	4	11	13	17						2	7	10.5	4.20E+06
Muestra 3	2L/75ml	16	20	11	7	6	3	7	10	14	16	18	20	11	11	7	14	10	10	11	4	11.3	4.52E+06						
Muestra 4	2L/100ml	16	13	13	9	11	9	14	10	9	15	8	14	12	12	20	7	9	10	11	17	11.95	4.78E+06						
DIA 12	AGUA RESIDUAL LACTEA DEL VERTIMIENTO																				0.00025	2.50E-07							
	Muestra 1	2L/25ml	12	9	12	12	29	9	16	13	13	15	9	6	10	9	12	6	9	8						8	10	11.35	4.54E+06
	Muestra 2	2L/50ml	10	8	9	13	13	20	24	29	18	16	15	8	9	8	12	13	14	17						11	13	14	5.60E+06
	Muestra 3	2L/75ml	15	12	15	18	18	20	21	23	12	29	20	11	12	23	18	14	15	16						15	10	16.85	6.74E+06
	Muestra 4	2L/100ml	13	16	9	17	29	29	10	13	13	18	14	10	19	10	17	17	9	14						20	15	15.6	6.24E+06
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																												
	Muestra 1	2L/25ml	12	4	7	8	9	18	17	15	13	13	12	16	15	8	7	11	15	4						17	20	12.05	4.82E+06
	Muestra 2	2L/50ml	4	4	16	5	15	10	10	8	9	7	5	7	12	16	18	21	7	14						16	18	11.1	4.44E+06
Muestra 3	2L/75ml	9	4	15	12	6	6	1	10	19	14	16	17	20	11	17	13	11	10	10	17	11.9	4.76E+06						
Muestra 4	2L/100ml	20	18	17	20	15	12	10	19	22	7	9	10	11	8	9	12	11	8	15	17	13.5	5.40E+06						
DIA 15	AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																				0.1								
	Muestra 1	2L/25ml	16	13	19	13	20	25	17	18	11	12	18	22	31	15	19	20	11	15						16	17	17.4	6.96E+06
	Muestra 2	2L/50ml	24	19	23	26	23	9	10	12	17	9	11	12	6	12	26	20	15	17						19	10	16	6.40E+06
	Muestra 3	2L/75ml	23	15	24	16	17	19	20	14	16	17	15	20	21	26	14	11	11	10						9	4	16.1	6.44E+06
	Muestra 4	2L/100ml	26	14	15	12	14	16	10	20	15	10	12	18	24	20	29	8	9	10						11	11	15.2	6.08E+06
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																												
	Muestra 1	2L/25ml	12	12	13	10	11	6	9	9	7	10	20	6	7	9	10	17	16	14						18	10	11.3	4.52E+06
	Muestra 2	2L/50ml	1	6	4	9	5	20	17	16	14	13	11	11	8	7	10	15	16	19						17	20	11.95	4.78E+06
Muestra 3	2L/75ml	5	17	16	15	14	12	5	5	8	8	15	17	19	17	20	13	17	20	24	10	13.85	5.54E+06						
Muestra 4	2L/100ml	13	13	15	14	16	17	19	10	11	17	9	9	17	13	15	14	10	10	11	19	13.6	5.44E+06						

DIA 18	AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																				AREA				
	Muestra 1	2L/25ml	12	12	10	13	16	13	18	14	13	10	19	20	14	22	13	33	16	16		13	16	15.65	6.26E+06
	Muestra 2	2L/50ml	17	14	21	18	14	15	12	12	13	19	20	22	36	29	24	17	17	12		13	20	18.25	7.30E+06
	Muestra 3	2L/75ml	14	19	19	20	18	18	27	16	15	26	13	16	7	12	20	10	15	16		14	19	16.7	6.68E+06
	Muestra 4	2L/100ml	19	17	20	9	18	21	21	15	19	24	18	17	20	19	19	18	17	20		15	15	18.05	7.22E+06
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																								
	Muestra 1	2L/25ml	4	2	4	2	5	8	4	10	8	7	10	17	18	15	10	12	19	6		13	16	9.5	3.80E+06
	Muestra 2	2L/50ml	6	7	5	2	10	7	9	15	14	18	20	10	11	9	18	17	12	12		5	9	10.8	4.32E+06
Muestra 3	2L/75ml	3	5	10	5	7	9	17	9	13	6	13	5	2	15	16	16	7	13	24	12	10.35	4.14E+06		
Muestra 4	2L/100ml	11	15	10	9	3	14	8	6	7	12	15	16	18	6	13	5	13	4	8	5	9.9	3.96E+06		
DIA 21	AGUA RESIDUAL DEL VERTIMIENTO																				0.0025				
	Muestra 1	2L/25ml	8	8	6	9	12	9	14	10	9	6	15	16	10	28	9	29	12	12		9	12	12.15	4.86E+06
	Muestra 2	2L/50ml	13	10	17	14	10	11	8	8	9	15	16	18	32	25	20	13	13	8		9	10	13.95	5.58E+06
	Muestra 3	2L/75ml	10	15	15	16	14	18	23	12	11	22	31	12	25	21	20	28	18	15		12	15	17.65	7.06E+06
	Muestra 4	2L/100ml	15	17	20	15	9	17	17	20	19	20	14	18	13	20	29	29	17	9		16	13	17.35	6.94E+06
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																								
	Muestra 1	2L/25ml	9	18	7	8	4	15	10	16	4	6	13	12	14	13	7	7	16	7		4	12	10.1	4.04E+06
	Muestra 2	2L/50ml	12	16	3	6	9	6	17	7	8	8	9	11	7	10	3	15	10	9		5	2	8.65	3.46E+06
Muestra 3	2L/75ml	9	4	3	16	6	15	13	6	6	10	8	6	7	12	16	8	16	12	8	9	9.5	3.80E+06		
Muestra 4	2L/100ml	10	19	11	20	12	9	18	15	12	19	13	17	12	8	20	16	17	28	18	20	15.7	6.28E+06		
DIA 24	AGUA RESIDUAL LACTEA DEL VERTIMIENTO																				0.0025				
	Muestra 1	2L/25ml	22	23	19	15	34	23	15	13	22	18	12	9	18	17	25	33	25	20		13	16	19.6	7.84E+06
	Muestra 2	2L/50ml	28	32	28	12	6	10	12	9	17	10	12	15	18	23	9	32	26	23		19	24	18.25	7.30E+06
	Muestra 3	2L/75ml	30	25	23	26	10	12	18	15	22	16	31	25	15	35	28	14	9	20		17	23	20.7	8.28E+06
	Muestra 4	2L/100ml	29	24	20	18	7	12	8	10	15	14	20	10	26	20	16	24	12	15		9	46	17.75	7.10E+06
	AGUA REIDUAL LACTEA DELEFLUENTE																								
	Muestra 1	2L/25ml	10	7	16	20	6	5	7	8	10	6	7	12	10	9	6	9	9	10		13	12	9.6	3.84E+06
	Muestra 2	2L/50ml	5	16	7	13	11	9	15	8	11	9	4	13	15	11	14	15	5	14		6	1	10.1	4.04E+06
Muestra 3	2L/75ml	9	8	6	6	10	18	8	13	15	15	3	1	6	3	2	6	6	12	1	5	7.65	3.06E+06		
Muestra 4	2L/100ml	20	7	4	10	5	13	14	6	17	2	5	8	17	8	7	17	4	12	2	23	10.05	4.02E+06		

DIA 27	AGUA RESIDUAL LACTEA DEL VERTIMIENTO																							
	Muestra 1	2L/25ml	15	14	10	20	27	30	34	14	19	12	14	17	9	10	11	14	19	20	24	17	17.5	
	Muestra 2	2L/50ml	14	12	15	17	24	16	31	26	17	12	11	14	16	17	18	9	8	2	0	1	14	
	Muestra 3	2L/75ml	11	9	10	8	7	6	7	15	14	5	17	19	20	25	11	10	17	15	20	10	12.8	
	Muestra 4	2L/100ml	9	12	14	16	11	12	9	7	9	10	14	16	17	18	20	25	20	23	14	15	14.55	
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																							
	Muestra 1	2L/25ml	12	15	13	11	10	9	5	7	10	20	24	26	28	12	8	10	17	9	19	2	13.35	
	Muestra 2	2L/50ml	15	14	20	23	16	18	12	17	19	20	17	22	21	18	9	14	16	17	11	10	16.45	
Muestra 3	2L/75ml	16	14	18	12	10	7	6	9	10	9	8	12	11	11	10	20	14	13	17	20	12.35		
Muestra 4	2L/100ml	20	15	16	17	22	8	15	16	24	10	22	11	14	16	13	11	11	17	15	12	15.25		
DIA 30	AGUA REIDUAL LACTEA DEL VERTIMIENTO																							
	Muestra 1	2L/25ml	10	9	8	8	10	15	7	9	13	17	20	25	10	11	7	5	13	15	20	20	12.6	
	Muestra 2	2L/50ml	12	6	14	11	11	10	17	16	14	15	13	20	22	26	27	14	11	16	17	30	16.1	
	Muestra 3	2L/75ml	17	11	8	14	8	15	26	11	17	20	16	20	7	4	14	11	6	11	12	24	13.6	
	Muestra 4	2L/100ml	10	16	18	13	12	12	9	9	9	7	14	11	14	16	12	11	10	10	11	11	11.75	
	AGUA REIDUAL LACTEA DEL EFLUENTE																							
	Muestra 1	2L/25ml	12	9	8	22	7	7	9	10	12	8	9	14	12	11	8	11	11	12	15	13	11	
	Muestra 2	2L/50ml	7	8	9	15	13	11	7	10	13	17	14	16	7	7	8	8	3	4	5	10	9.6	
Muestra 3	2L/75ml	11	10	8	8	12	10	10	5	7	5	3	8	5	4	8	8	4	3	10	10	7.45		
Muestra 4	2L/100ml	2	9	6	2	3	6	7	2	7	8	17	16	14	20	11	14	17	7	7	7	9.1		
																							7.00E+06	
																							5.60E+06	
																							5.12E+06	
																							5.82E+06	
																								5.34E+06
																								6.58E+06
																								4.94E+06
																								6.10E+06
																								5.04E+06
																								6.44E+06
																								5.44E+06
																								4.70E+06
																								4.40E+06
																								3.84E+06
																								2.98E+06
																								3.64E+06

## ANEXO 6: FOTOS DE LA PARTE EXPERIMENTAL DE LA TESIS PROFESIONAL



Se hace el secado al aire libre del pasto por 15 días, para poder iniciar con el cultivo de *Paramecium caudatum*



Una vez obtenido el pasto seco ingresa en una botella de plástico con agujeros 7 g, fijarse de que cubra toda la botella



Se tiene el envase de 4 litros para cultivar los paramecios completamente limpio y los reactivos que se usa.



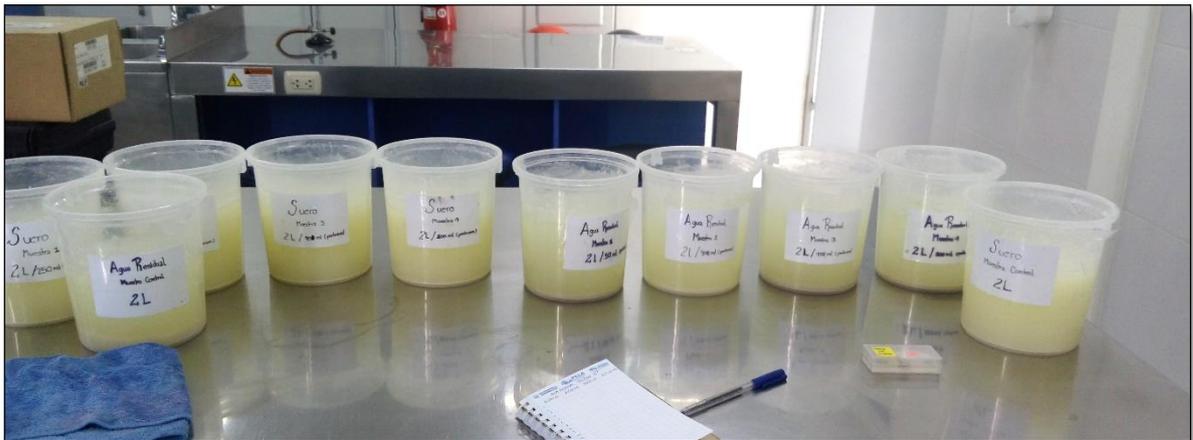
Para el acondicionamiento del agua se le adiciona 20 ml de hipoclorito por los 4 litros de agua y para eliminar el cloro se le adiciona 1g de hiposulfito de sodio e inmediatamente adicionar el pasto



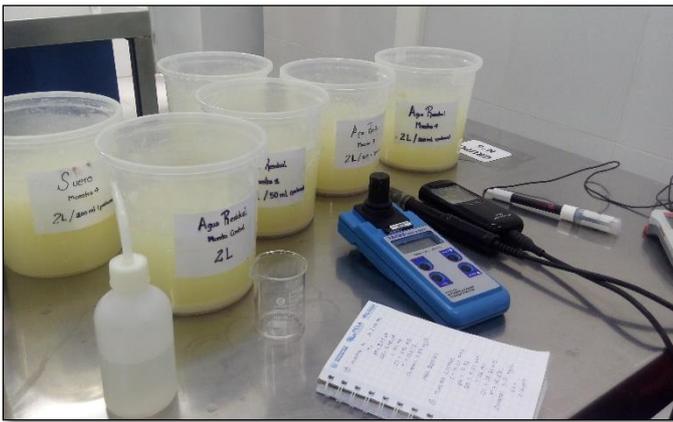
Adicionamos el pasto en el agua acondicionada para el crecimiento de los protozoos.



Cubrimos la botella con una lámina que presente agujeros y la tapamos con una media de nylon. Se deja que esté expuesto a 12 horas de luz y 12 de oscuridad.



Tenemos las 10 muestras que serán evaluadas, 5 de la muestra de agua residual láctea del efluente y 5 del agua residual láctea del vertimiento, aplicadas a las dosis (25 ml, 50 ml, 75 ml y 100 ml)



Medición de los parámetros con los equipos:

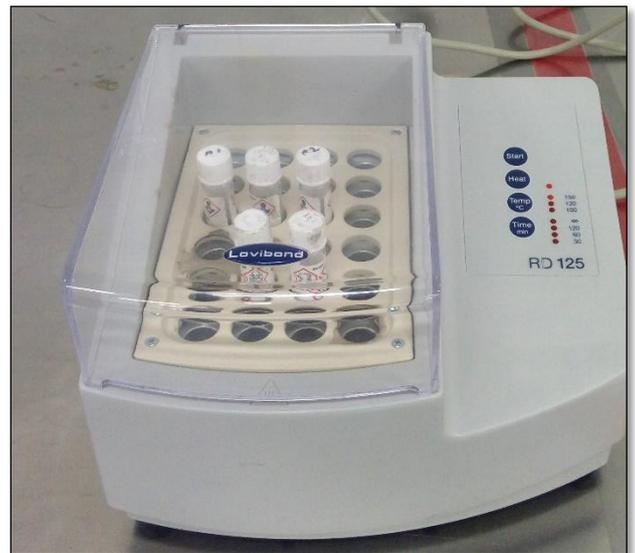
- Turbidímetro
- Multiparámetro
- Oxímetro



Medición de los parámetros con los equipos en los laboratorios de la Universidad Continental.



Medición del DQO de cada una de las muestras con el uso de reactivos.



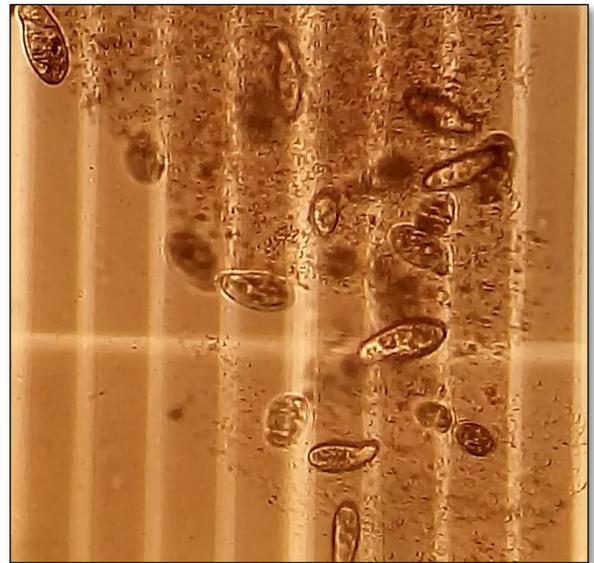
Uso del calorímetro para el cálculo del DQO en cada una de las muestras



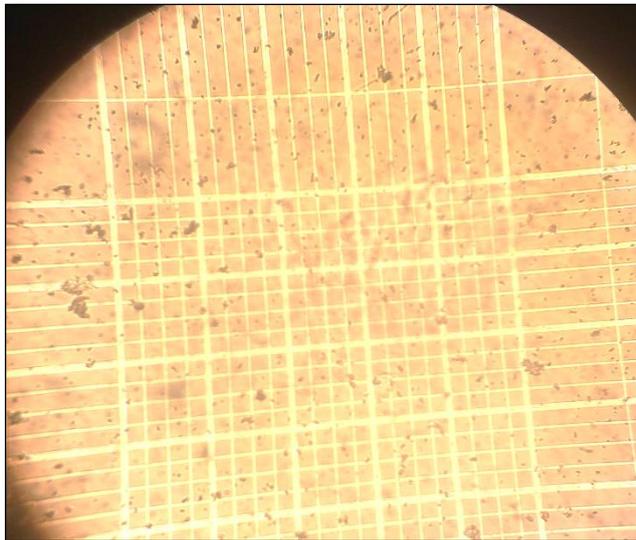
Uso del equipo para la obtención de los datos del DQO



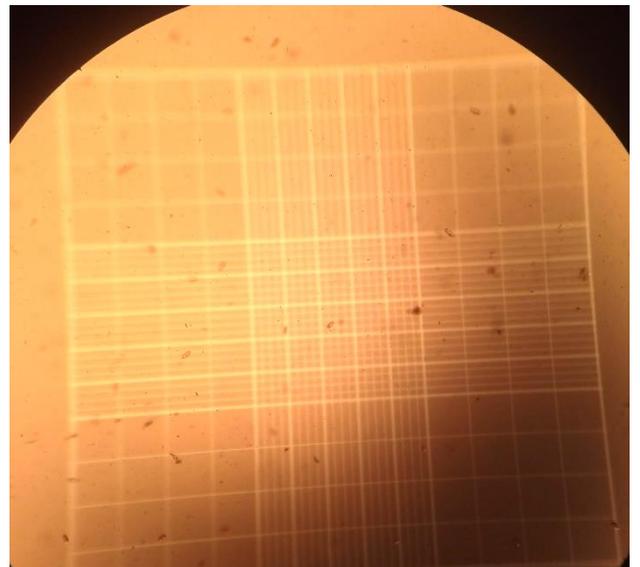
Conteo de los protozoos *Paramecium caudatum* con la ayuda de la cámara de conteo y vista con el microscopio.



Vista microscópica del *Paramecium caudatum* del cultivo inicial.



Vista microscópica del *Paramecium caudatum* las diferentes dosis de cada una de las muestras aplicadas.



Vista microscópica del *Paramecium caudatum* en las diferentes dosis de cada una de las muestras aplicadas.