

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Utilización de *Paramecium caudatum* en el control de la  
eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga - Junín  
2019**

Lucero Angélica Ochoa Altamirano

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Biól. Verónica Nelly Canales Guerra

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia, quienes siempre tienen fe en mí, quienes me inspiraron a seguir una carrera universitaria, quienes estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida dándome el ejemplo de superación, sacrificio y humildad, enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mis maestros que siempre me han motivado en mis estudios, a seguir adelante con mis metas propuestas y siempre deseándome éxitos en mi vida profesional.

A la Universidad Continental por abrirme las puertas de sus laboratorios para realizar esta investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a todas las personas que siguen un sueño y luchan día a día con dedicación y perseverancia para conseguirlo.

# ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE .....	V
LISTA DE TABLAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE GRÁFICOS .....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema: .....	13
1.1.1. Problema General: .....	14
1.1.2. Problemas Específicos:.....	14
1.2. Objetivos:.....	15
1.2.1. Objetivo General:.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos: .....	15
1.3. Justificación: .....	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables: .....	16
1.4.1. Hipótesis General: .....	16
1.4.2. Hipótesis Específicas: .....	16
1.4.3. Variables:.....	16
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes del problema:.....	17
2.1.1. Antecedentes internacionales: .....	17
2.1.2. Antecedentes nacionales: .....	19
2.1.3. Antecedentes locales: .....	21
2.2. Fundamento Teórico: .....	21
2.2.1. Microorganismo <i>Paramecium caudatum</i> :.....	21
2.2.2. Eutrofización del agua: .....	24
2.3. Ubicación Geográfica: .....	27
2.4. Términos Básicos:.....	28
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>	<b>30</b>
3.1. Métodos y alcance de la investigación: .....	30
3.1.1. Método y tipo de investigación: .....	30
3.1.2. Alcance de la investigación: .....	30
3.2. Diseño de la investigación:.....	30
3.3. Población y muestra: .....	32
3.3.1. Población:.....	32
3.3.2. Muestra:.....	32
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.4.1. Técnicas de recolección de datos: .....	33
3.4.2. Equipos:.....	33
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información: .....	35
4.1.1. Parámetros físicos del agua:.....	35
4.1.2. Parámetros químicos del agua:.....	40
4.1.3. Materia orgánica:.....	42
4.1.4. Conteo de individuos: .....	44
4.2. Prueba de Hipótesis: .....	45
4.2.1. Hipótesis:.....	45

4.2.2.	Hipótesis estadísticos:.....	45
4.2.3.	Significancia: .....	45
4.2.4.	Prueba: Regresión lineal .....	46
4.3.	Discusión de resultados: .....	69
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de la variable pH con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	35
Tabla 2 Resultados de la variable turbidez con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> ....	36
Tabla 3 Resultados de la variable conductividad eléctrica con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	37
Tabla 4 Resultados de la variable oxígeno disuelto con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	39
Tabla 5 Resultados de la variable sólidos totales con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	40
Tabla 6 Resultados de la variable materia orgánica con las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	42
Tabla 7 Resultado del conteo de individuos .....	44
Tabla 8 Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	46
Tabla 9 Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	48
Tabla 10 Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	49
Tabla 11 Prueba Regresión lineal para turbidez con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	50
Tabla 12 Prueba de Regresión Lineal para turbidez con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	51
Tabla 13 Prueba Regresión lineal para turbidez con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	53
Tabla 14 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	54
Tabla 15 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	55
Tabla 16 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	57
Tabla 17 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i>	58
Tabla 18 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i>	59
Tabla 19 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i>	61
Tabla 20 Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	62
Tabla 21 Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	63
Tabla 22 Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	65
Tabla 23 Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	66
Tabla 24 Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	67
Tabla 25 Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	69



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Laguna de oxidación en Sapallanga .....	14
Figura 2 Clasificación taxonómica del <i>Paramecium caudatum</i> .....	22
Figura 3 Micrografía de barrido de una célula de <i>Paramecium caudatum</i> .....	23
Figura 4 Reproducción asexual.....	23
Figura 5 Eutrofización del agua.....	25
Figura: 6 Procesos de eutrofización.....	26
Figura 7 Mapa político de Sapallanga.....	27

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2 Comportamiento del pH respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	36
Gráfico 3 Comportamiento de la turbidez respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	37
Gráfico 4 Comportamiento de la conductividad eléctrica respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	38
Gráfico 5 Comportamiento del oxígeno disuelto respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	40
Gráfico 6 Comportamiento de los sólidos totales respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	41
Gráfico 7 Comportamiento de la materia orgánica respecto a las diferentes dosis de <i>Paramecium caudatum</i> .....	43
Gráfico 8 Comportamiento de la población de <i>Paramecium caudatum</i> .....	45
Gráfico 9 Prueba de dispersión para pH con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	46
Gráfico 10 Prueba de dispersión para pH con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	47
Gráfico 11 Prueba de dispersión para pH con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	49
Gráfico 12 Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	50
Gráfico 13 Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	51
Gráfico 14 Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	52
Gráfico 15 Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	54
Gráfico 16 Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	55
Gráfico 17 Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> .....	56
Gráfico 18 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	58
Gráfico 19 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	59
Gráfico 20 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	60
Gráfico 21 Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> ....	62
Gráfico 22 Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> ...	63
Gráfico 23 Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> ...	64
Gráfico 24 Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 350 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	66
Gráfico 25 Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 500 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	67
Gráfico 26 Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 650 mL de infusión de <i>P.c.</i> ..	68

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar la influencia de *Paramecium caudatum* en el control de la eutrofización del agua, la muestra se extrae de la laguna de oxidación de la PTAR del distrito de Sapallanga que presenta un nivel elevado de eutrofización debido a su estado de abandono. El método general de esta investigación es el método científico, el tipo de investigación es aplicada y el diseño experimental.

En el distrito de Sapallanga se practica la ganadería, según las declaraciones de los pobladores mencionan que llevan a sus animales a pastar, además desechan sus residuos (la mayor parte está compuesta por materia orgánica) muy cerca de la laguna de oxidación, otros deciden tirarlo en la misma laguna, por otro lado existe un matadero de cerdos clandestino desechando los residuos en la laguna provocando un incremento excesivo de nutrientes que favorecen la proliferación de algas eutrofizantes alterando la calidad del agua.

El diseño de investigación consta de tres etapas: Primero se realiza el cultivo del protozoo durante 5 días, segundo se obtienen 4 muestras de agua procedentes de la laguna de oxidación de la PTAR, de acuerdo al diseño experimental se decide tener una muestra control (sin dosis) y tres a las cuales se aplican las dosis de 350 mL, 500 mL y 650 mL procedentes del cultivo previo, tercero se lleva a control de laboratorio cada 3 días durante 30 días considerando el ciclo biológico del *P.c.*

Se miden los siguientes parámetros: Físicos (pH, turbidez, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto), químico (sólidos totales), se va a analizar materia orgánica y se va a realizar el conteo de *P.c.*, demostrando que influye en los parámetros físico-químico y materia orgánica a excepción del oxígeno disuelto que no mostró cambio considerable. Por lo tanto, podemos decir que el protozoo modifica la muestra mejorando el grado de eutrofización y puede aplicarse como alternativa biorremediadora para cuerpos de agua eutrofizados.

**Palabras clave:** *Paramecium caudatum*, eutrofización, laguna de oxidación, dosis.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the influence of *Paramecium caudatum* in the control of water eutrophication, the sample is taken from the oxidation lagoon of the PTAR of the Sapallanga district that presents a high level of eutrophication due to its state of abandonment. The general method of this research is the scientific method, the type of research is applied and the experimental design.

In the district of Sapallanga, livestock is practiced, according to the declarations of the inhabitants they mention that they take their animals to graze, they also dispose of their waste (most of it is composed of organic matter) very close to the oxidation lagoon, others decide to throw it in the same lagoon, on the other hand there is a clandestine pig slaughterhouse and the waste is thrown into the lagoon causing an excessive increase in nutrients that favor the proliferation of eutrophizing algae by altering the water quality.

The research design consists of three stages: First the protozoan culture is carried out for 5 days, second 4 water samples are obtained from the oxidation lagoon of the PTAR, according to the experimental design it is decided to have a control sample (without dose) and three to which the doses of 350 mL, 500 mL and 650 mL from the previous culture are applied, third is carried out in laboratory control every 3 days for 30 days considering the biological cycle of the *P.C.*

The following parameters are measured: Physical (pH, turbidity, electrical conductivity and dissolved oxygen), chemical (total solids), organic matter is to be analyzed and the *P.c.* count is performed, demonstrating that it influences what has been analyzed except for dissolved oxygen that showed no significant change. Therefore, we can say that the protozoan modifies the sample by improving the degree of eutrophication and can be applied as a bioremediation alternative for eutrophized water bodies.

**Keywords:** *Paramecium caudatum*, eutrophication, oxidation lagoon, dose.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación abarca el tema de la eutrofización que se puede definir como la proliferación de algas por el exceso de nutrientes en el agua alterando así su calidad, inclusive impidiendo que sea apta para el consumo humano. Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, una de ellas es la ganadería debido a que las excretas de los animales tienen abundante carga orgánica (6).

La investigación de esta problemática se basa en el interés de probar si la aplicación de *Paramecium caudatum*, un protozoo capaz de alimentarse de bacterias, algas, y materia orgánica, es apto para controlar la eutrofización. En este caso se utiliza como lugar de muestreo la PTAR de Sapallanga que actualmente se encuentra en estado de abandono y muestra un grado de eutrofización elevado.

Para esta investigación se toman muestras por conveniencia de la laguna de oxidación de la PTAR, con la ayuda del protocolo de monitoreo de agua que la Autoridad Nacional del Agua proporciona, las muestras obtenidas son analizadas en los laboratorios de la Universidad Continental. Por otro lado, se determina la influencia de *P.c.* en el control de la eutrofización que afecta a los parámetros físicos (Turbidez, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto), químico (sólidos totales), materia orgánica y conteo de *P.c.*

Este trabajo de investigación está estructurado por cuatro capítulos: CAPITULO I: Planteamiento del problema, CAPITULO II: Marco teórico y CAPITULO III: Metodología y CAPITULO IV: Resultados y Discusión.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

La eutrofización es un problema ambiental, que se debe al incremento de nutrientes y materia orgánica, prosperando a la proliferación de algas, induciendo a impactos ambientales negativos importantes, la eutrofización hace que la calidad del agua se vea afectada haciéndola inapropiada para el consumo de los seres vivos; generalmente las principales fuentes de contaminación que generan eutrofización provienen de las actividades antropogénicas, hablamos de: Residuos sólidos originados por la crianza de ganado porcino y vacuno, etc. debido al alto contenido de materia orgánica, generan el crecimiento excesivo de algas eutrofizantes alterando la calidad del agua (6).

**Figura 1 Laguna de oxidación en Sapallanga**



**1.1.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Cuál es la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?

**1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:**

- a. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en los parámetros físicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?
- b. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?
- c. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en la materia orgánica del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?
- d. ¿Cuál es la variación de la población de *Paramecium caudatum* (Conteo de individuos) en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019?

## 1.2. OBJETIVOS:

### 1.2.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a. Determinar la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en los parámetros físicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- b. Determinar la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- c. Determinar la influencia de la aplicación de *Paramecium caudatum* en la materia orgánica del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- d. Determinar la variación de la población de *Paramecium caudatum* (conteo de individuos) en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN:

**Económica:** En este proyecto de investigación se utilizan microorganismos que son parte de la cadena alimenticia de los cuerpos de agua y conseguirlos es posible a partir de cualquier cuerpo de agua dulce, la aplicación en laboratorio no requiere equipos ni materiales especiales por lo tanto trasladar el sistema aun cuerpo de agua real es viable, sencillo y de bajo costo. Todo esto hace posible la recuperación de la calidad del agua del distrito de Sapallanga.

**Ambiental:** El estudio provee información sobre la actuación de los microorganismos y se puede aplicar el método a otros cuerpos de agua contaminados.

**Social:** El agua es un elemento vital para el desarrollo de la sociedad y este proyecto provee de la información necesaria para que las autoridades puedan tomar acciones para tratamientos biotecnológicos adecuados que eleven la calidad de vida de los habitantes de Sapallanga.



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

##### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL:**

La aplicación de *Paramecium caudatum* influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.

##### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:**

- a. La aplicación de *Paramecium caudatum* influye en los parámetros físicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- b. La aplicación de *Paramecium caudatum* influye en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- c. La aplicación de *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica del agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019.
- d. La población de *Paramecium caudatum* varía en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019.

##### **1.4.3. VARIABLES:**

- Variable Independiente: Aplicación de *P.c.*
- Variable Dependiente: Eutrofización

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

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

En la publicación “Curiosidades de los paramecios” indica que son seres complejos y su investigación deja nuevos hallazgos principalmente en cuanto a su alimentación ya que poseen estructuras altamente especializadas, se pueden alimentar de bacterias, otros protozoos, algas, etc. (17).

En la publicación “Diferentes motores moleculares en cilios de paramecios” menciona que los cilios son capaces de capturar nutrientes, funcionan a diferentes velocidades de acuerdo a la viscosidad del ambiente, esto explica que los cilios son usados en diversas tareas en la naturaleza. Si hablamos de medios acuáticos los cilios funcionan como remos que ayudan a moverse a través del agua y así barrer nutrientes hacia el interior de este abasteciéndose de comida (21).

En la publicación “Manipulación de protozoos (*Paramecium caudatum*) por ultrasonidos”, cuyo propósito es realizar diversas técnicas que van desde la utilización de sustancias químicas, hasta el uso de campos eléctricos, se planea usar estas alternativas de bajo costo que permitan la manipulación de los microorganismos de forma sencilla y eficiente, y sirvan como dispositivos capaces de atrapar, retener y liberar microorganismos sin daños (23).

En el estudio de investigación “Importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo”, es un tema que no solo compete al país o en américa latina sino que es problema mundial. En el mundo se ha generado una ansiedad sobre la

contaminación difusa proveniente de las actividades agrícola-urbanas o industriales, los contaminantes de agua de fuentes extensas contienen: metales pesados, nutrientes, agentes patógenos, productos antropogénicos, plaguicidas, etc. Una buena práctica de manejo es clave para resolver las dificultades de contaminación agua de manera sostenible (1).

En el estudio de investigación “Determinación de la microbiota bacteriana presente en los biorreactores alimentados con purines”, existe gran producción ganadera con alta cantidad de animales en el establo, como consecuencia origina gran proporción de purines y si no es inspeccionado genera contaminación tanto en suelo como en el agua, en la superficie o en el subterráneo, además genera problemáticas ambientales lo cual es importante su gestión, si se realiza un tratamiento de los purines disminuye la materia orgánica, los nutrientes excesivos, para ello se usan microalgas y bacterias porque son eficaces para este propósito (2).

En el artículo científico “Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas” menciona que los microorganismos eficaces son alternativas para solucionar los problemas de contaminación del agua, usan el carbono para su metabolismo y desarrollo, se monitorean los cambios físicos, químicos y microbiológicos que producen en el agua. Se realizan muestreos posteriores a su aplicación, se concluye que hay eficiencia en la remoción de los distintos parámetros estudiados (20).

En el artículo de investigación “Efecto de la moringa oleífera en el tratamiento de aguas residuales en el cauca, Colombia”, se analiza el resultado del polvo de la semilla de moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de aguas residuales, los tratamientos se realizan empleando el test de jarras, además se evalúa: turbidez, pH, conductividad eléctrica, cloruros, sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales del sobrenadante, se concluye que el polvo de semilla de moringa es efectivo en mejorar los diferentes parámetros propuestos en la investigación (22).

En el artículo científico “Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes”, trata de los procesos de adsorción e inmovilización en lo que se involucra a la *Luffa cylindrica*, a la vez se estudian los razonamientos que permiten describir las técnicas y soluciones para la remoción de contaminantes y tratamiento de agua (24).

En el artículo científico “Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas”, se usan metodologías de biorremediación empleando macrófitas tales como Enea, junco y pasto vetiver son opciones viables por su costo bajo y eficiencia, en este estudio tiene como objetivo la adsorción del aluminio proveniente del agua residual de una metal-mecánica, se compara el uso de las tres macrófitas para verificación de la más eficaz (25).

En la tesis de investigación “Tratamiento de aguas residuales de la empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella vulgaris* de origen marino mediante fotobiorreactores”, consiste en la aplicación de la micro-alga *Chlorella vulgaris* en el agua residual de una empacadora de pescado, donde se mide los siguientes parámetros: DQO, DBO, tensoactivos, pH, sólidos suspendidos, aceites y grasas, da como resultado que la microalga *Chlorella vulgaris* tiene alta eficiencia para la remoción de parámetros contaminantes en agua residuales de la empacadora de pescado (26).

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:**

En la tesis de investigación “Diversidad protozoológica de los pantanos de Villa, Chorrillos – Lima – Perú”, indica que los protozoarigacios son importantes en la cadena trófica pero son vulnerables a los cambios que ocurre en el medio ambiente por lo que principalmente son usados como bioindicadores, la distribución de los protozoarios está influenciado por las condiciones de habitad y la adaptación (16).

En la tesis de investigación “Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de Pátapo – Chiclayo” tiene como propósito evaluar el efecto de los Microorganismos Eficaces sobre la calidad de agua residual doméstica, entre los parámetros se analiza: pH, DQO, DBO, dureza total, nitratos, cloruros, color, olor, coliformes totales, coliformes termotolerantes. Se observa la disminución de partículas suspendidas y olores desagradables (28).

En el estudio de investigación “Tratamiento del agua eutrofizada de la bahía interior de Puno, Perú”, se usa dos macrófitas: Illacho e Hinojo, tiene como propósito disminuir el nitrógeno total y fósforo del agua que presenta eutrofización, los análisis se realiza en el mega laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno,

los resultados menciona que el agua se encuentra eutrofizado. Esta alternativa sirve para compensar el agua de la bahía interior de la ciudad de Puno, Perú (14).

En el artículo científico “Desarrollo Poblacional y productividad de la Microalga Nativa *Chlorella peruviana*”, cuyo propósito es analizar 5 diferentes niveles de salinidad sobre la producción de la *Chlorella peruviana* Chacon, se realiza 5 tratamientos de acuerdo al nivel de salinidad, los análisis indican que Tratamiento N° 1 tiene mejores resultados en densidad biomasa seca y clorofila. Se concluye que el desarrollo de la microalga *Chlorella peruviana* tiene una tendencia decreciente de acuerdo con el nivel de salinidad (16).

En la tesis de investigación “Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrófitas”, es un sistema que permite optimizar la eficiencia de las lagunas de estabilización por la Universidad de Piura, mediante el uso de macrófitas, esta tesis tiene diversos temas fundamentales que tratan los sistemas de tratamiento de agua, las macrófitas tienen un filtro biodepurador sostenible, eficiente y de bajo costo (27).

En la tesis de investigación “Aislamiento de la microalga *Ankistrodesmus falcatus* y biorremediación”, cuyo propósito es disminuir los malos olores del agua residual del Dren 3100 Chiclayo, para ello se colecta la muestra de agua que contiene la microalga, para los análisis se lleva a cabo en el laboratorio de ficología de la facultad de ciencias biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, se concluye que el *Ankistrodesmus falcatus* reduce los malos olores del agua residual (29).

En la tesis de investigación “Remoción de cromo VI del agua residual de curtiembres utilizando el polvo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la región Puno”, indica que las industrias de curtiembre con cromo VI son vertidos a los cuerpos de agua, generando problemas en la población y al medio ambiente. El propósito de esta investigación es analizar la remoción de cromo VI usando el polvo de la semilla de moringa oleífera, se mide el pH. Se concluye que es un coagulante eficaz para la remoción de este metal en el agua residual (30).

En la tesis de investigación “Propuesta de mejoramiento de la calidad del agua ácida provenientes de la mina Nuncia – Ancash”, se enfoca en desarrollar una propuesta para la reducción de las concentraciones de los metales provocado por la empresa minera mediante el uso de bacterias sulfato reductoras, se evalúan las

siguientes variables, pH, Cu. Se concluye que las concentraciones de los metales disminuyen a rangos aceptables (31).

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES:**

En el estudio de investigación “Determinación de los efectos de los microorganismos eficaces para el tratamiento del agua y lodo residual de la PTAR Jauja”, se miden los siguientes parámetros: pH, DBO, DQO, aceites y grasas, coliformes totales, sólidos totales en suspensión, olor, color. Los resultados demuestran que los microorganismos reducen la DBO, DQO, sólidos totales y el olor (19).

En el estudio de investigación “Determinación de la influencia de los microorganismos en los parámetros del compost de la PTAR de Concepción”, los resultados muestran que la materia orgánica, relación C/N, conductividad eléctrica, humedad, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y cromo total se encuentran dentro de los parámetros de estándares de calidad y puede ser utilizado como abono orgánico para suelos agrícolas (13).

## **2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO:**

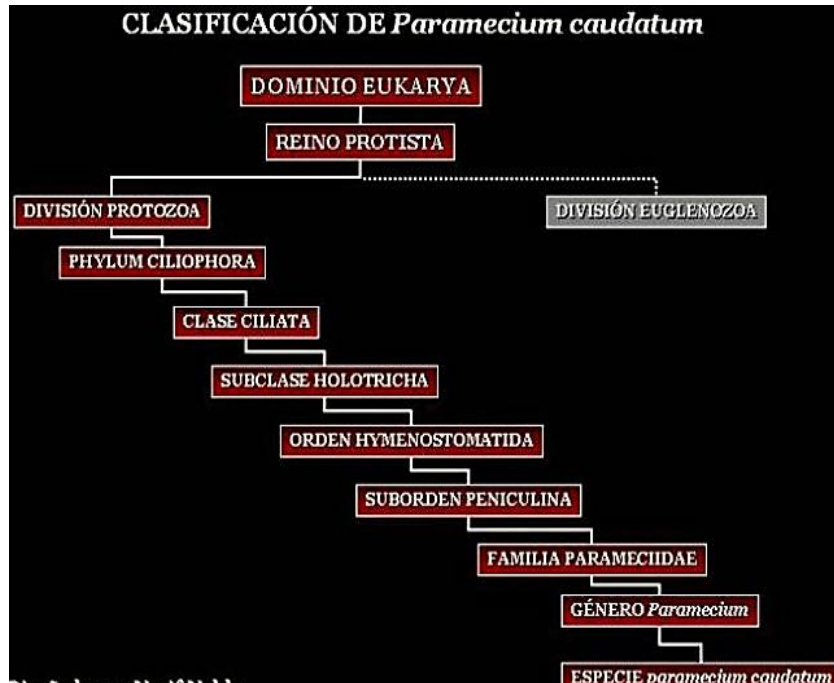
### **2.2.1. MICROORGANISMO PARAMECIUM CAUDATUM:**

#### **2.2.1.1. Aspectos Fundamentales:**

Los protozoos pertenecen a la rama Eukarya, son microorganismos unicelulares que no tienen pared celular; no tienen color y son móviles, se diferencian de las algas por no tener cloroplasto y clorofila. Los protozoos obtienen su alimento por ingestión de otros organismos. Se ubican en ecosistemas acuáticos en agua dulce; algunos de ellos se encuentran en el suelo (3).

### 2.2.1.2. Clasificación taxonómica:

Figura 2 Clasificación taxonómica del *Paramecium caudatum*



Fuente: (3)

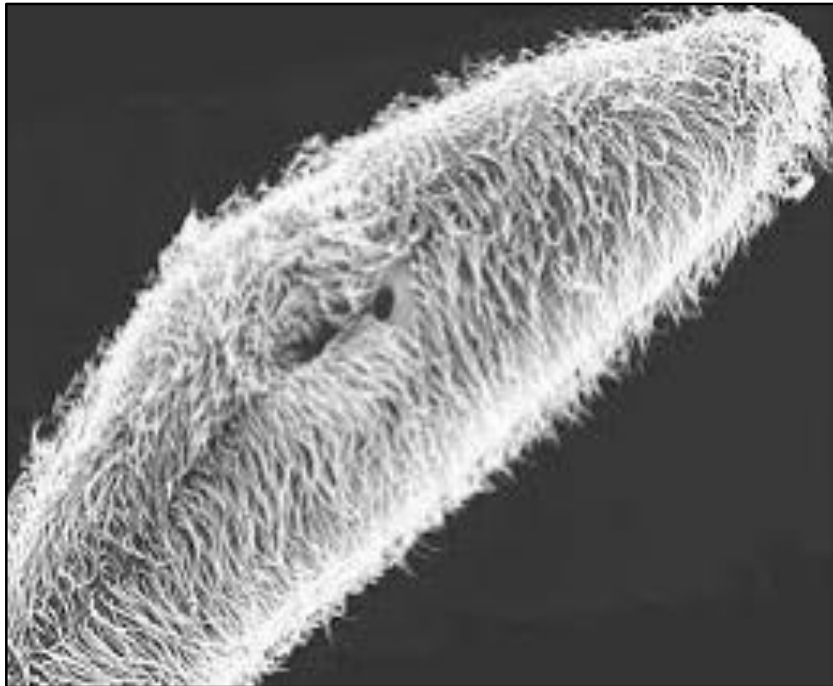
### 2.2.1.3. Alimentación:

Se alimentan de algas, bacterias y protozoos de menor tamaño, utilizan los cilios situados cerca y dentro de la boca creando una corriente de agua y atrayendo las partículas hacia su interior (3).

### 2.2.1.4. Morfología:

El *Paramecium caudatum* tiene una forma redondeada, además tienen una longitud de 150 a 300 micras (3).

**Figura 3** Micrografía de barrido de una célula de *Paramecium caudatum*



**Fuente: (3)**

#### **2.2.1.5. Reproducción de los *Paramecium caudatum*:**

Reproducción asexual:

Los *Paramecium caudatum* se reproducen por bipartición. (3)

**Figura 4** Reproducción asexual



**Fuente: (3)**



#### **2.2.1.6. Medios de cultivos:**

Para detectar los microorganismos es fundamental verlos desarrollarse en sustancias alimenticias, debe contener nutrientes y factores de crecimiento para que los microorganismos crezcan adecuadamente (4).

#### **2.2.1.7. Técnica de siembra:**

La siembra es donde se observan los microorganismos, se debe tener cuidado porque un contaminante puede perjudicar el incremento de los microorganismos (5).

- **Por infusión:** En un recipiente de vidrio o plástico limpio agregar el agua para luego verter cascaras, horizonte orgánico de cualquier suelo, pastos para su obtención; para que los microorganismos se desarrollen se acondicionan con agua y restos orgánicos, con la ayuda de un gotero se pueden llevar al microscopio y visualizarlos (3).

### **2.2.2. EUTROFIZACIÓN DEL AGUA:**

#### **2.2.2.1. Eutrofización:**

Es el incremento de nutrientes en los cuerpos de agua como consecuencia hay crecimiento excesivo de algas u otras plantas verdes por procesos naturales y/o antropogénicos (6).

**Figura 5 Eutrofización del agua**



#### **2.2.2.2. Procesos de eutrofización:**

Cuando la masa de agua tiene exceso de nutrientes favorecen en el crecimiento de algas u otros organismos acuáticos no deseables, posteriormente mueren y se pudren generando olores nauseabundos, aumenta la turbidez alterando la calidad del agua, hay desaparición de organismos acuáticos favorables, se pierde el oxígeno disuelto, etc; hay incremento de bacterias (aerobias y anaerobias), las bacterias aerobias consumen grandes cantidades de oxígeno provocando la sofocación de los peces u otros organismos vivos mientras que las bacterias anaerobias emiten gases como el sulfuro de hidrógeno y amoniaco. Anteriormente se consideraba que la eutrofización como un proceso natural que se daba durante millones de años, pero si hablamos en la actualidad es eutrofización antrópica como consecuencia del vertimiento de agua residual, uso de fertilizantes, entre otros (6).

Figura: 6 Procesos de eutrofización



Fuente: (6)

### 2.2.2.3. Parámetros que determinan el nivel trófico del agua:

Se diagnostica con un conjunto de parámetros tanto físicos, químicos y biológico que van a definir el agua en su estado natural, además esto resulta más sencillo de diferenciar cuando requerimos analizar la calidad de otros cuerpos de agua (6)

#### Parámetros físicos:

Ayuda a determinar la calidad de agua, los parámetros más comunes son: conductividad eléctrica, turbidez y pH (6).

- **Conductividad eléctrica (CE):** Se relaciona con la presencia de sales en solución, permite evaluar la mineralización del agua (6).
- **Turbidez:** Generada por los materiales disueltos y suspendidos que influyen en la transparencia del agua (6).
- **pH agua:** Mide su acidez o alcalinidad del agua, el rango es de 0 a 14 unidades, es ácido cuando el valor es inferior a 7 y es alcalino cuando es superior a 7. El pH tiene relación con la cantidad de materia orgánica y turbidez del agua (6)

### Parámetros químicos:

Los parámetros químicos son más complejos de analizar, están vinculados con la solvencia del agua, y requiere de un laboratorio para estudios más concretos (8).

- Sólidos totales:

Está compuesta por sustancias orgánicas e inorgánicas (6).

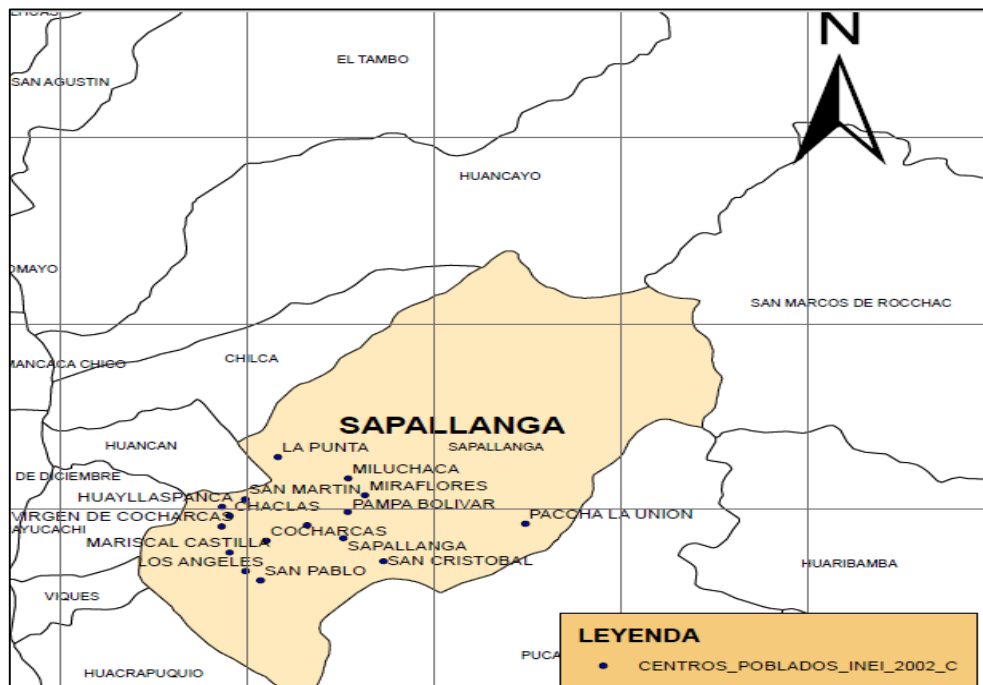
### Materia orgánica:

Compuesta por residuos de origen animal y vegetal que en exceso proliferan algas eutrofizantes (6).

## 2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Esta investigación se lleva a cabo en el distrito de Sapallanga que conforma la provincia de Junín, ubicada en el Departamento de Junín.

Figura 7 Mapa político de Sapallanga



## 2.4. TÉRMINOS BÁSICOS:

Según el diccionario Akal de términos biológicos define los siguientes términos (11):

### a. **Aerobio:**

Son aquellos organismos que son capaces de vivir con la presencia de oxígeno, existen los aerobios obligados, estos son incapaces de vivir sin oxígeno. Tanto animales y plantas son aerobios obligados.

### b. **Anaerobio:**

Son aquellos organismos que puedan vivir sin la presencia del oxígeno, los anaerobios obligados no pueden de vivir en bajas concentraciones de oxígeno, mientras que los anaerobios facultativos pueden hacerlo incluso a concentraciones normales.

### c. **Contaminación:**

Son los cambios indeseables tanto en la calidad física, química y/o biológica del aire, agua o suelo, esto se debe por las emisiones de sustancias químicas, materia orgánica, etc. producto de las actividades humanas, pero también hay contaminantes de origen natural tal como erupciones volcánicas, etc.

### d. **Medio:**

Material nutritivo elaborado en un laboratorio donde van a desarrollarse los microorganismos.

### e. **Microorganismos:**

Se refiere a las bacterias, virus, algas unicelulares, protozoos y hongos microscópicos, todos son identificados con el microscopio o con el ultramicroscopio

### f. **Nutrientes:**

Son aquellas sustancias que sirven como alimento para un organismo.

### g. **Proliferación:**

Se refiere a multiplicación con abundancia o a reproducirse en formas similares.

### h. **Protozoos:**

Se aplica a un grupo heterogéneo de eucariotas unicelulares acuáticos, no fotosintéticos, que carecen de paredes celulares, ejemplo de dicho grupo son los flagelados no fotosintéticos, las amebas, los ciliados y protozoos parásitos.

**i. Eutrofización:**

Proliferación de algas a causa del exceso de nutrientes en el agua.

**j. Calidad del agua:**

La calidad del agua describe como el conjunto de atributos que indican si es apta o no para ser utilizada en diferentes actividades como: doméstico, riego, industrial, etc.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN:**

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

El método general comprende por el método científico, el tipo de investigación es aplicada porque se va a realizar hallazgos y desarrollos experimentales en el estudio de investigación y dar respuestas a las cuestiones específicas. En cuanto al método de investigación es un método experimental

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

Tiene un alcance explicativo, debido a que buscar encontrar las razones o causas que provocan ciertos eventos, además que se relacionan las dos variables en el estudio de investigación.

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

Este estudio de investigación tiene un diseño experimental puro debido a que se va a manipular la variable independiente (*P.c.*) y se va a realizar la medición de la variable dependiente (eutrofización), el diseño consta de 3 etapas:

#### **ETAPA 1: CRECIMIENTO Y AISLAMIENTO DEL PROTOZOO:**

- **Obtención de la cepa:**

Se obtienen cepas de *Paramecium caudatum* de las diferentes especies de gramíneas (pastos) (3).

- **Obtención de la población de microorganismos**

La obtención del protozoo es mediante una infusión de los pastos deshidratados (3).

- **Preparación del medio de cultivo:**

Se utiliza cualquier recipiente que contenga agua, pero lo más recomendable son los recipientes de vidrio porque no generan sustancias tóxicas y además permite ver el interior durante el proceso de fermentación. Los recipientes deben ser desinfectados para que no queden rastros de residuos orgánicos, también añadir hipoclorito de sodio (5 mL por litro de agua) para mejores resultados (3).

- **Acondicionamiento del Agua:**

Se llena el recipiente con agua potable para eliminar las trazas de hipoclorito de sodio (3).

- **Siembra:**

Se añade agua en el recipiente donde están los pastos deshidratados (se recomienda deshidratar 15 días en el sol) (3).

- **Condiciones de Almacenamiento:**

La siembra que está en el recipiente debe estar bajo techo y donde llegue suficiente luz natural (3).

- **Nutrición y Alimentación del Cultivo:**

Se produce un Bloom durante los 2 primeros días aproximadamente, en el tercer y cuarto día los *P.c.* van a eclosionar y se van a alimentar de las bacterias presentes en el recipiente; cuando el cultivo tiene un color marrón transparente y no tenga olor será el momento de nutrirlos y/o alimentarlos, esto sucederá a quinto o sexto día aproximadamente (3).

- **Extracción de los Paramecios:**

Los *P.c.* son fototrópicos positivos, es decir que esta característica es útil para direccionarlos a la luz (puede ser con una linterna) y así agruparlos en grandes colonias donde será más sencillo extraerlos ya sea con un gotero o jeringa (3).

## **ETAPA 2: TOMA DE MUESTRA DE AGUA:**



Para ello se toman 4 muestras de la laguna de oxidación de la PTAR de Sapallanga (actualmente se encuentra en estado de abandono) con recipientes cuyo volumen es de 2 L, se sigue el procedimiento de muestreo de agua (32).

### **ETAPA 3: ANÁLISIS DEL AGUA**

Se inicia con la primera toma de datos del análisis del agua, después se vierte *P.c.* en cada recipiente de muestra a excepción del 1er recipiente este sirve de control, el 2do, 3er y 4to recipiente se añaden dosis de 350 mL, 500 mL y 650 mL respectivamente, se realiza el conteo de individuos a través de los días a cada uno de los recipientes que contienen *P.c.* para tener referencia de cómo están influenciando, los análisis de laboratorio se ejecutan cada 3 días durante 30 días.

Por lo tanto, se tiene:

#### **GRUPO EXPERIMENTAL:**

G1: O1 X O2

G1: Control de la eutrofización con la utilización de *Paramecium caudatum*

O1: Pretest

X: manipulación de la variable independiente (*P.c.*)

O2: Postest

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:**

#### **3.3.1. POBLACIÓN:**

La población para este estudio está conformada por el volumen total del agua eutrofizada de la laguna de oxidación de la PTAR.

#### **3.3.2. MUESTRA:**

El tipo de muestreo será por conveniencia, ya que se necesita la mayor disponibilidad y cantidad de algas eutrofizantes para así tener mayor comodidad durante la experimentación, para ello se obtienen 4 muestras de 2 L cada uno.

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

- **Técnica para conteo de *Paramecium caudatum***

Consiste en determinar el número de individuos de *P.c.*, se utiliza la cámara de Neubauer se va a usar marca Brand. Se sigue el procedimiento para hallar el conteo de protozoarios (37).

- **Técnica para determinar sólidos totales:**

La guía de laboratorio de la Universidad Continental indica el procedimiento a seguir para hallar los sólidos totales (39).

- **Técnica para análisis de Materia Orgánica:**

Esta técnica consiste en determinar la cantidad de materia orgánica (M.O.) presente en el agua por oxidación con permanganato potásico (KMnO<sub>4</sub>) en caliente y en medio ácido. Las sustancias de origen orgánico presentes en el agua se tratan con el Permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>) un reactivo oxidante; en la oxidación hay gasto de reactivo y mediante el cálculo se deduce la M.O. que hay en el agua analizada. La guía de laboratorio de la Universidad Continental indica el procedimiento para hallar la materia orgánica (36).

#### 3.4.2. EQUIPOS:

- **Microscopio:**

Equipo que permite observar objetos muy pequeños que no se pueden notar a simple vista. Para el análisis se va a utilizar la marca Ken α visión, el equipo cumple con el sistema de gestión de calidad de la norma ISO 9001:2015.

- **Potenciómetro:**

Equipo que mide el potencial de hidrógeno, tiene una escala de 1 al 14, donde del 1 al 6 se le considera un pH ácido, del 8 al 14 se le considera pH básico, dejando al 7 como pH neutro. Para el análisis se va a utilizar la marca OHAUS, el equipo cumple con el sistema de gestión de calidad de la norma ISO 9001:2015.

- **Turbidímetro:**

Equipo que mide la turbidez del agua, su unidad es en UNT. Para el análisis se va a utilizar la marca HANNA, el equipo cumple con el sistema de gestión de calidad de la norma ISO 9001:2015.

- **Medidor de conductividad eléctrica:**

Equipo que mide las sales en solución, su unidad es en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Para el análisis se va a utilizar la marca HANNA, el equipo cumple con el sistema de gestión de calidad de la norma ISO 9001:2015.

- **Medidor de oxígeno disuelto:**

Equipo que mide la concentración de oxígeno de un medio acuoso, su unidad es en mg/L. Para el análisis se va a utilizar la marca OHAUS, el equipo cumple con el sistema de gestión de calidad de la norma ISO 9001:2015.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN:

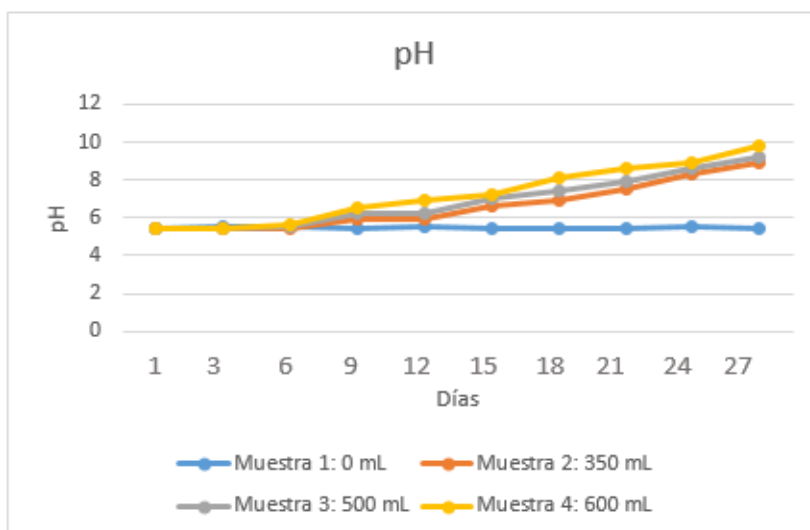
##### 4.1.1. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA:

##### 4.1.1.1. pH:

Tabla 1: Resultados de la variable pH con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Parámetro	Días de Análisis	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
pH	1	5,47	5,45	5,47	5,48
	3	5,49	5,46	5,48	5,47
	6	5,49	5,48	5,55	5,67
	9	5,48	5,92	6,25	6,51
	12	5,49	5,95	6,27	6,92
	15	5,47	6,62	6,98	7,26
	18	5,48	6,91	7,39	8,14
	21	5,48	7,56	7,97	8,62
	24	5,49	8,28	8,66	8,89
27	5,48	8,91	9,18	9,81	

**Gráfico 1: Comportamiento del pH respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***



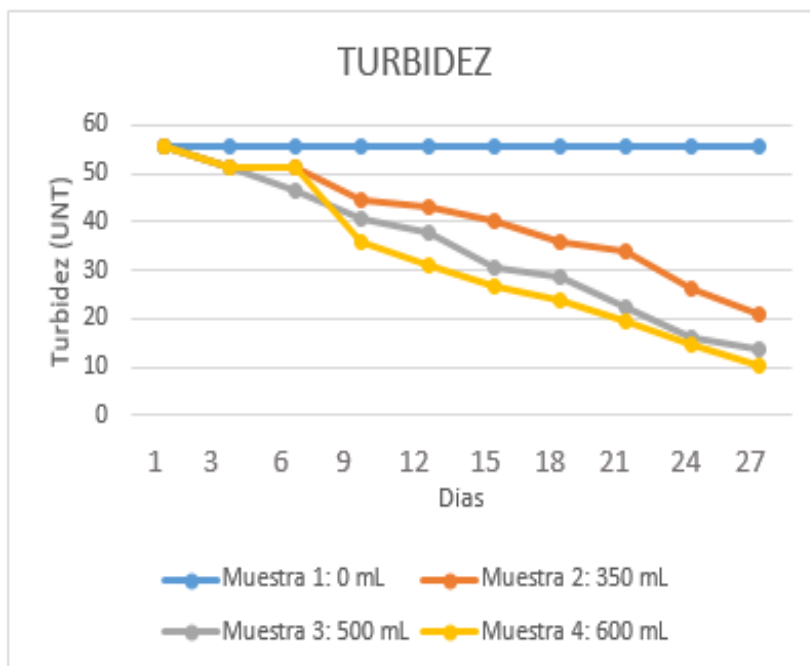
**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de *P.c.* con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran el aumento de pH durante los días de análisis.

#### 4.1.1.2. Turbidez:

**Tabla 2 Resultados de la variable turbidez con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Parámetro	Días de Análisis	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
Turbidez  (UNT)	1	55,49	55,52	55,47	55,48
	3	55,48	51,51	51,45	51,47
	6	55,49	51,49	46,44	51,45
	9	55,49	44,37	40,84	35,72
	12	55,49	43,2	37,56	31,14
	15	55,49	39,97	30,78	26,79
	18	55,49	36,03	28,52	23,69
	21	55,49	33,74	22,39	19,33
	24	55,49	26,13	16,21	14,87
	27	55,48	20,79	13,66	10,5

**Gráfico 2** Comportamiento de la turbidez respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*



**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de *P.c.* con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran la disminución de la turbidez durante los días de análisis.

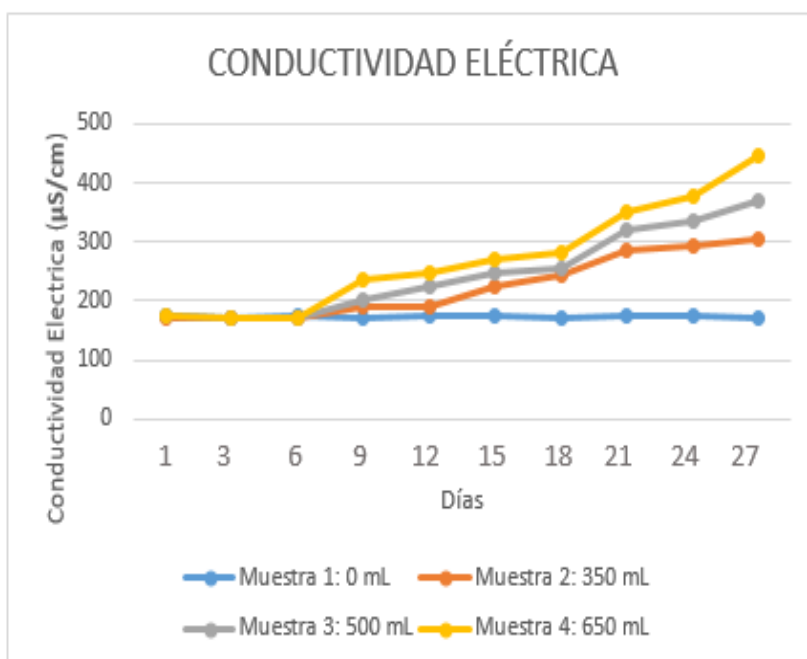
#### 4.1.1.3. Conductividad eléctrica:

**Tabla 3** Resultados de la variable conductividad eléctrica con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Parámetro	Días de Análisis	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
CE( $\mu$ S/cm)	1	174	173	174	174
	3	173	172	173	172
	6	174	173	172	173
	9	173	189	203	235
	12	174	191	225	249
	15	174	223	246	270

	18	172	245	254	281
	21	174	286	319	352
	24	174	292	335	378
	27	173	305	369	445

**Gráfico 3: Comportamiento de la conductividad eléctrica respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*.**



**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de *P.c.* con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran el aumento de conductividad eléctrica durante los días de análisis.

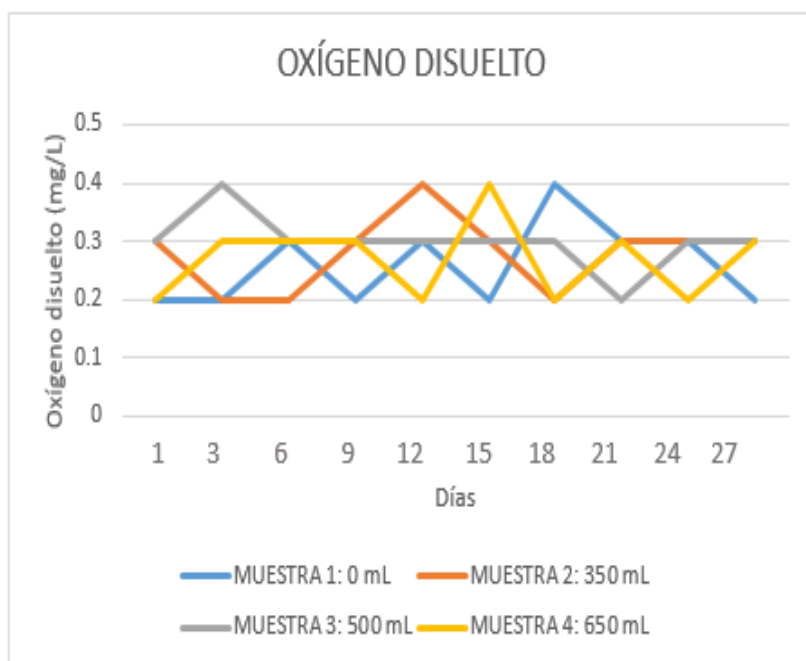
#### 4.1.1.4. Oxígeno disuelto:

Tabla 4 Resultados de la variable oxígeno disuelto con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Parámetro	Días de Análisis	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
OD (mg/L)	1	0,2	0,3	0,3	0,2
	3	0,2	0,2	0,4	0,3
	6	0,3	0,2	0,3	0,3
	9	0,2	0,3	0,3	0,3
	12	0,3	0,4	0,3	0,2
	15	0,2	0,3	0,3	0,4
	18	0,4	0,2	0,3	0,2
	21	0,3	0,3	0,2	0,3
	24	0,3	0,3	0,3	0,2
	27	0,2	0,3	0,3	0,3



**Gráfico 4: Comportamiento del oxígeno disuelto respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***



**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de P.c. con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran que no hay variación en el oxígeno disuelto durante los días de análisis.

#### 4.1.2. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA:

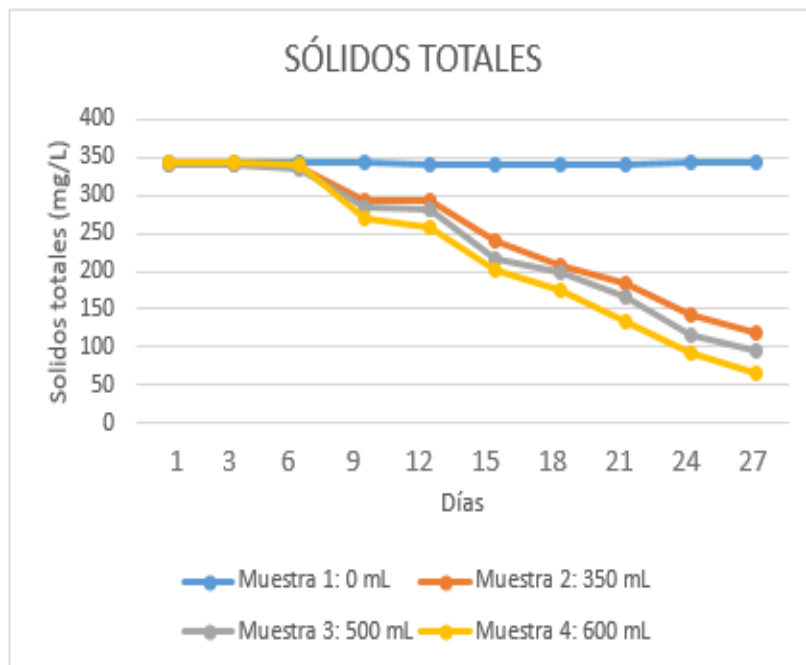
##### 4.1.2.1. Sólidos totales:

**Tabla 5 Resultados de la variable sólidos totales con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
<b>Parámetro</b>	<b>Días de Análisis</b>	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
	1	343	342	341	344
	3	344	341	340	343
	6	345	337	335	341
	9	343	293	284	271

<b>Sólidos totales (mg/L)</b>	12	341	292	282	258
	15	342	241	216	201
	18	340	207	198	175
	21	342	183	166	134
	24	343	141	117	93
	27	343	120	96	64

**Gráfico 5 Comportamiento de los sólidos totales respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***



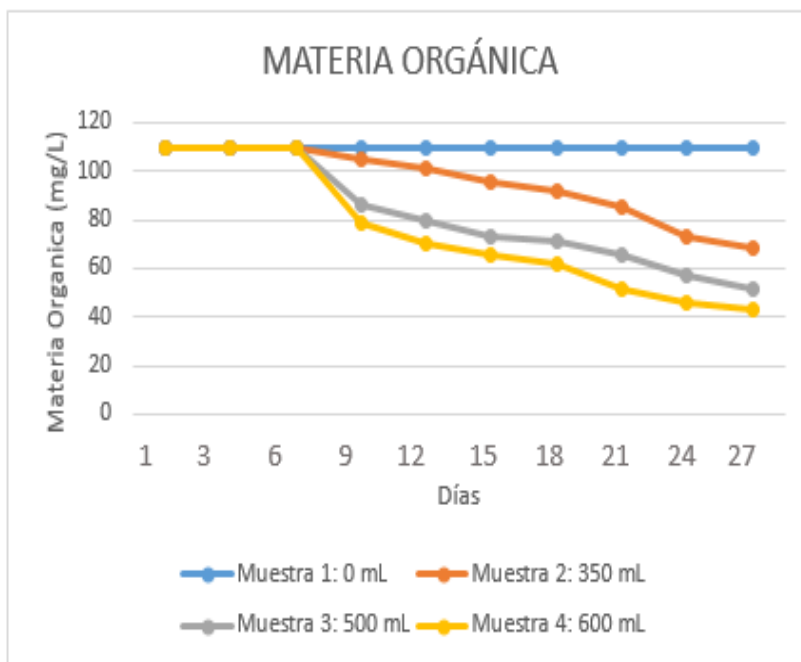
**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de *P.c.* con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran la disminución de los sólidos totales durante los días de análisis.

#### 4.1.3. MATERIA ORGÁNICA:

Tabla 6 Resultados de la variable materia orgánica con las diferentes dosis de *Paramecium caudatum*

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
	Días de Análisis	Con 0 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 350 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de la infusión de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de la infusión de <i>P.c.</i>
MO (mg/L)	1	109,64	109,64	109,64	109,64
	3	109,63	109,63	109,64	109,63
	6	109,63	109,61	109,61	109,59
	9	109,64	104,77	86,38	79,01
	12	109,64	101,02	79,71	70,12
	15	109,63	95,76	73,4	65,93
	18	109,65	91,37	71,15	62,01
	21	109,64	84,83	65,51	51,17
	24	109,64	73,41	57,07	45,56
	27	109,64	68,67	51,41	42,98

**Gráfico 6: Comportamiento de la materia orgánica respecto a las diferentes dosis de *Paramecium caudatum***



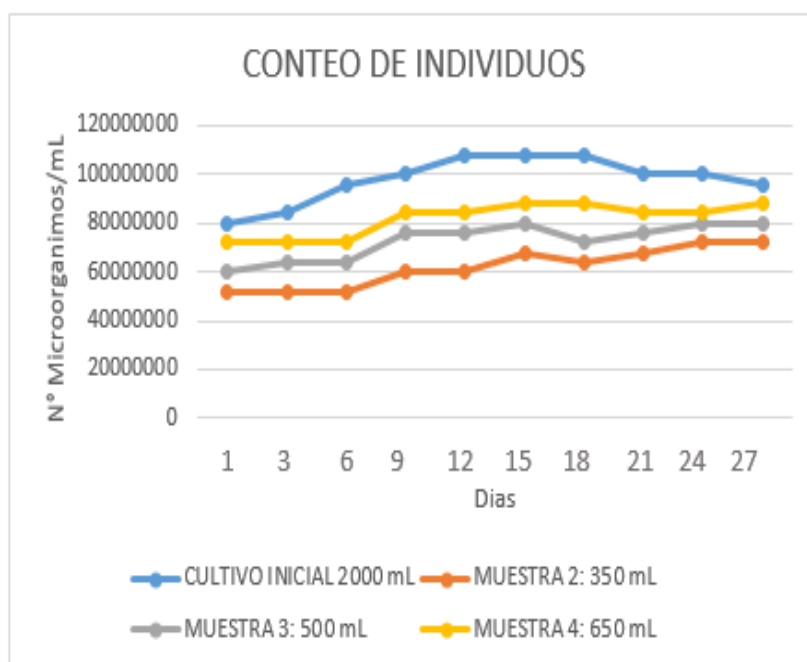
**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el pretest, en el mismo día se procede con la aplicación de *P.c.* con diferentes dosis en cada una de las muestras, en el gráfico demuestran la disminución de la materia orgánica durante los días de análisis.

#### 4.1.4. CONTEO DE INDIVIDUOS:

Tabla 7 Resultado del conteo de individuos

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
	Días de Análisis	Cultivo Inicial 2000 mL <i>P.c.</i>	Con 350 mL de <i>P.c.</i>	Con 500 mL de <i>P.c.</i>	Con 650 mL de <i>P.c.</i>
<b>Conteo (N°m.o./mL)</b>	1	80*10 <sup>6</sup>	52*10 <sup>6</sup>	60*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>
	3	84*10 <sup>6</sup>	52*10 <sup>6</sup>	64*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>
	6	96*10 <sup>6</sup>	52*10 <sup>6</sup>	64*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>
	9	100*10 <sup>6</sup>	60*10 <sup>6</sup>	76*10 <sup>6</sup>	84*10 <sup>6</sup>
	12	108*10 <sup>6</sup>	60*10 <sup>6</sup>	76*10 <sup>6</sup>	84*10 <sup>6</sup>
	15	108*10 <sup>6</sup>	68*10 <sup>6</sup>	80*10 <sup>6</sup>	88*10 <sup>6</sup>
	18	108*10 <sup>6</sup>	64*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>	88*10 <sup>6</sup>
	21	100*10 <sup>6</sup>	68*10 <sup>6</sup>	76*10 <sup>6</sup>	84*10 <sup>6</sup>
	24	100*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>	80*10 <sup>6</sup>	84*10 <sup>6</sup>
	27	96*10 <sup>6</sup>	72*10 <sup>6</sup>	80*10 <sup>6</sup>	88*10 <sup>6</sup>

**Gráfico 7 Comportamiento de la población de *Paramecium caudatum***



**COMENTARIO:** A partir del día 1 se realiza el conteo de individuos en cada una de las muestras con sus respectivas dosis, en el gráfico demuestran ligeras variaciones en la población de *P.c.* durante los días de análisis.

## 4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS:

### 4.2.1. HIPÓTESIS:

La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.

### 4.2.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS:

H0:  $\rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019).

H1:  $\rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019).

### 4.2.3. SIGNIFICANCIA:

**A = 0.05**

#### 4.2.4. PRUEBA: REGRESIÓN LINEAL

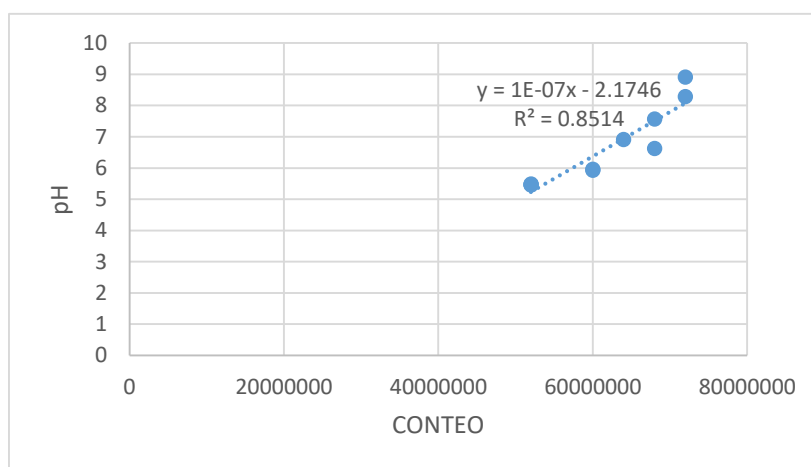
##### 4.2.4.1. Parámetros físicos:

###### a. pH:

- Con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

#### PRUEBA DE DISPERSIÓN

Gráfico 8 Prueba de dispersión para pH con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 85%.

Tabla 8 Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

Coeficientes						
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	
	B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	-2.175	1.314		-1.655	.137
	CONTEO	1.424E-007	.000		.923	.000

a. Variable dependiente: pH

#### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el pH) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el pH) OK

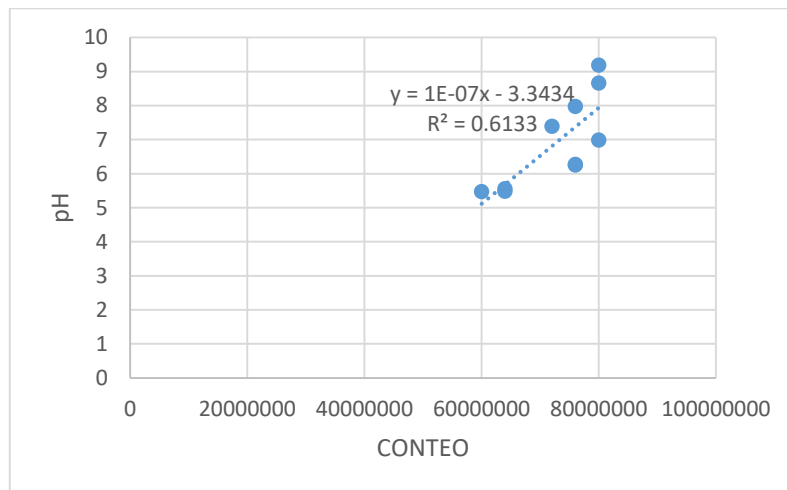
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en el pH a una concentración de 350 mL, con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 9 Prueba de dispersión para pH con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 61%.



**Tabla 9: Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.***

Modelo		Coeficientes			t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-3.343	2.895		-1.155	.282
	CONTEO	1.410E-007	.000	.783	3.562	.007

a. Variable dependiente: pH

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,007 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el pH) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el pH) OK

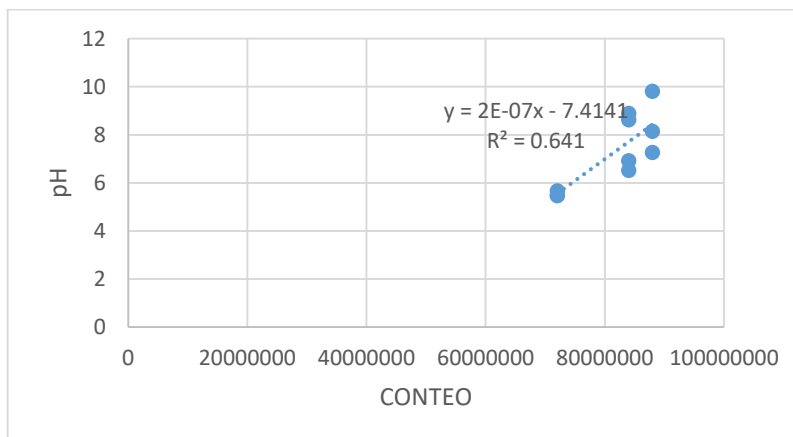
**CONCLUSIÓN:**

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en el pH a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

## PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 10 Prueba de dispersión para pH con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 64%.

Tabla 10 Prueba Regresión lineal para pH con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

Modelo		Coeficientes			t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-7.414	3.899		-1.901	.094
	CONTEO	1.800E-007	.000	.801	3.780	.005

a. Variable dependiente: pH

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,005 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el pH) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el pH) OK

### CONCLUSIÓN:

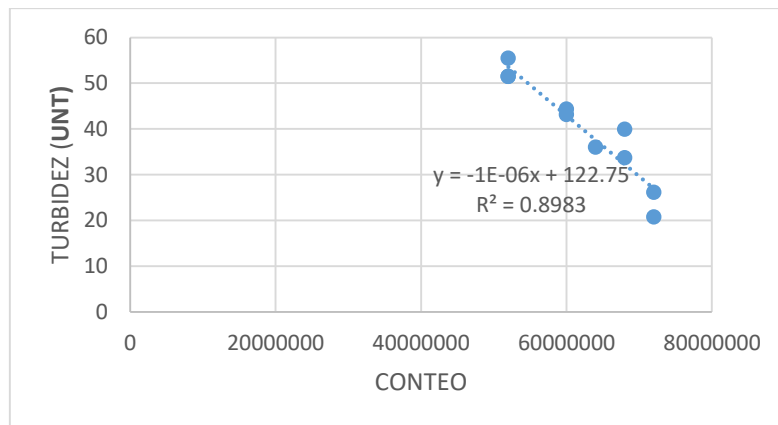
Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en el pH a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

**b. Turbidez:**

- Con dosis de 350 mL de dosis de *P.c.*

**PRUEBA DE DISPERSIÓN:**

**Gráfico 11 Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.***



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 89%.

**Tabla 11 Prueba Regresión lineal para turbidez con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.***

Modelo		Coeficientes no estandarizados			t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	122.746	9.886		12.417	.000
	CONTEO	-1.330E-006	.000	-.948	-8.406	.000

a. Variable dependiente: TURBIDEZ

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la turbidez) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la turbidez) OK

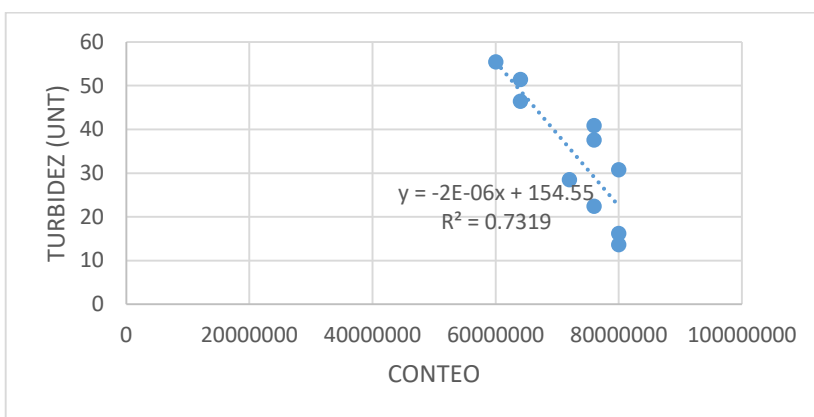
**CONCLUSIÓN:**

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la turbidez a una concentración de 350 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

**PRUEBA DE DISPERSIÓN:**

**Gráfico 12** Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 73%.

**Tabla 12** Prueba de Regresión Lineal para turbidez con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

Modelo		Coeficientes				t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados			
		B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	154.551	25.849		5.979	.000	
	CONTEO	-1.651E-006	.000	-.855	-4.673	.002	

a. Variable dependiente: TURBIDEZ

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,002 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la turbidez) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la turbidez)  
OK

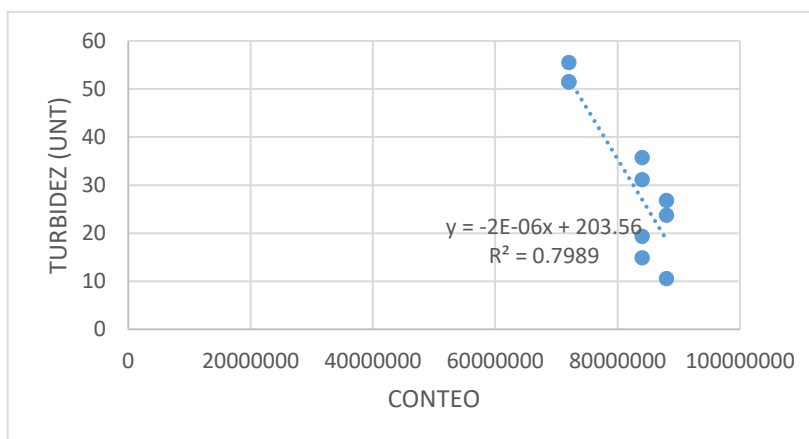
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la turbidez a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 13 Prueba de dispersión para turbidez con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 79%.

Tabla 13 Prueba Regresión lineal para turbidez con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	203.555	30.515		6.671	.000
	CONTEO	-2.102E-006	.000	-.894	-5.638	.000

a. Variable dependiente: TURBIDEZ

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la turbidez) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la turbidez)  
OK

**CONCLUSIÓN:**

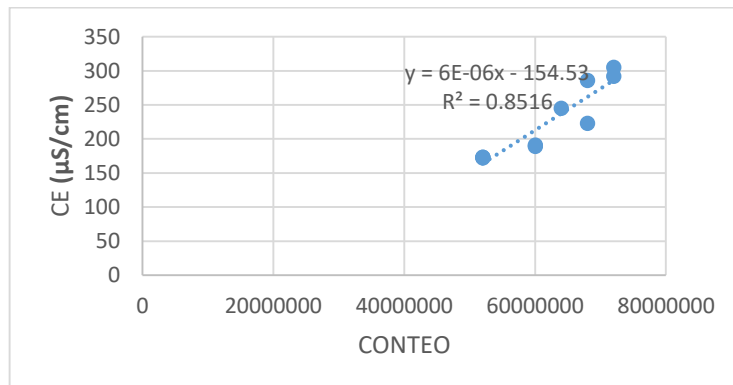
Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la turbidez a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

**c. Conductividad eléctrica:**

- Con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

## PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 14 Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 85%.

Tabla 14 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

Modelo		Coeficientes			t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-154.532	56.416		-2.739	.025
	CONTEO	6.120E-006	.000	.923	6.776	.000

a. Variable dependiente: CE

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la conductividad eléctrica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica) OK

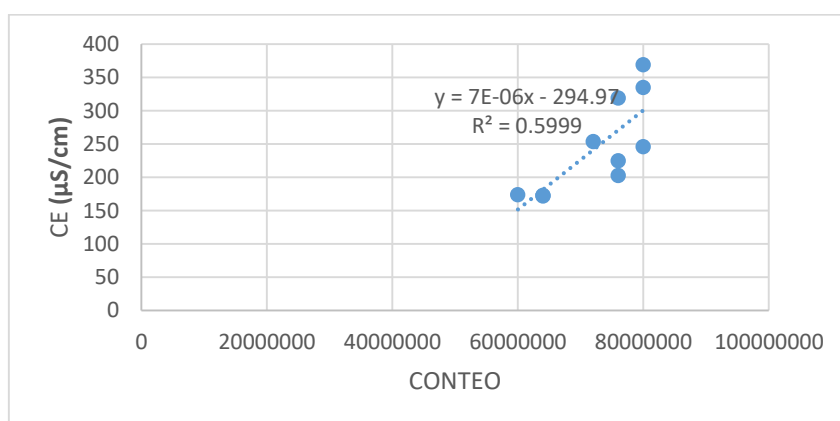
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica a una concentración de 350 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 15: Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



COMENTARIO: El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 59%.

Tabla 15 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

		Coeficientes				
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-294.968	157.237		-1.876	.098
	CONTEO	7.445E-006	.000	.775	3.463	.009

a. Variable dependiente: CE

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,009 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$



$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la conductividad eléctrica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica) OK

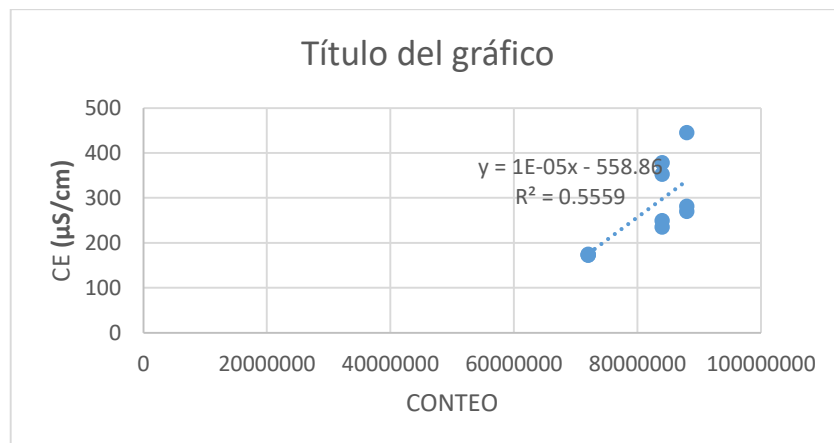
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 16 Prueba de dispersión para conductividad eléctrica con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 55%.

**Tabla 16 Prueba Regresión lineal para conductividad eléctrica con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.***

Modelo		Coeficientes				t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados			
		B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	-558.864	263.660		-2.120	.067	
	CONTEO	1.019E-005	.000	.746	3.165	.013	

a. Variable dependiente: CE

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,013 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la conductividad eléctrica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica) OK

**CONCLUSIÓN:**

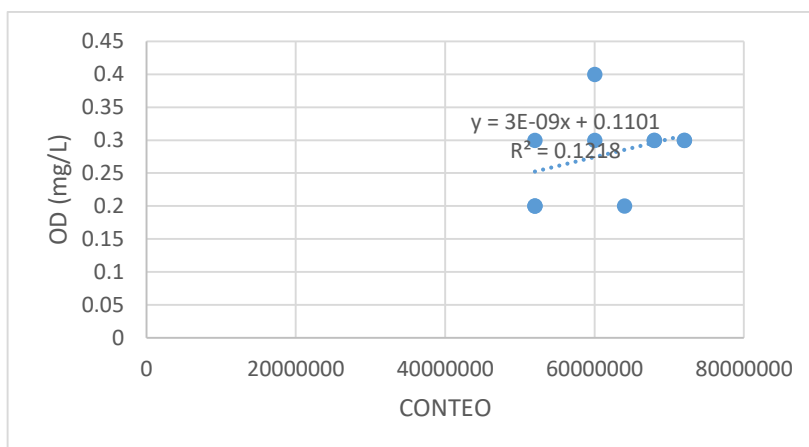
Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la conductividad eléctrica a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

**d. Oxígeno disuelto:**

- Con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

## PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 17 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 350 mL de infusión de P.c.



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 12%.

Tabla 17 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 350 mL de infusión de P.c.

Modelo		Coeficientes				t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados			
		B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	.110	.163		.678	.517	
	CONTEO	2.740E-009	.000	.349	1.053	.323	

a. Variable dependiente: OD

## DECISIÓN:

Como Sig. = 0,323 es mayor que  $\alpha = 0,05$  entonces acepto la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto) OK

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el oxígeno disuelto) X

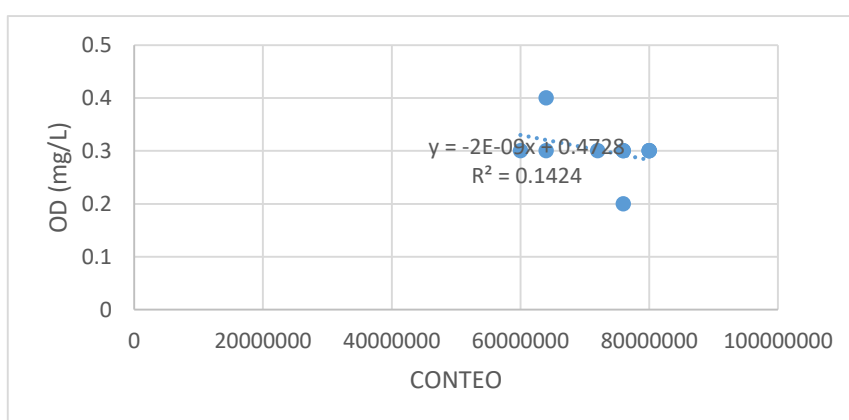
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto a una concentración de 350 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 18 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



COMENTARIO: El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 14%.

Tabla 18 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

		Coeficientes				
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	.473	.151		3.139	.014
	CONTEO	-2.374E-009	.000	-.377	-1.153	.282

a. Variable dependiente: OD

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,282 es mayor que  $\alpha = 0,05$  entonces acepto la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto) OK

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el oxígeno disuelto) X

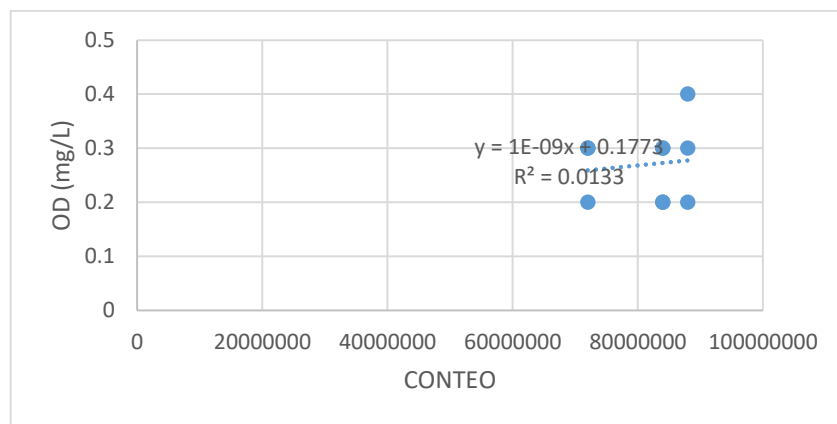
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 19 Prueba de dispersión para oxígeno disuelto con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 0,13%.

**Tabla 19 Prueba Regresión lineal para oxígeno disuelto con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.***

Coeficientes					
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	.177	.283		.626	.549
CONTEO	1.136E-009	.000	.115	.328	.751

a. Variable dependiente: OD

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,751 es mayor que  $\alpha = 0,05$  entonces acepto la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto) OK

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en el oxígeno disuelto) X

**CONCLUSIÓN:**

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* NO influye en el oxígeno disuelto a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

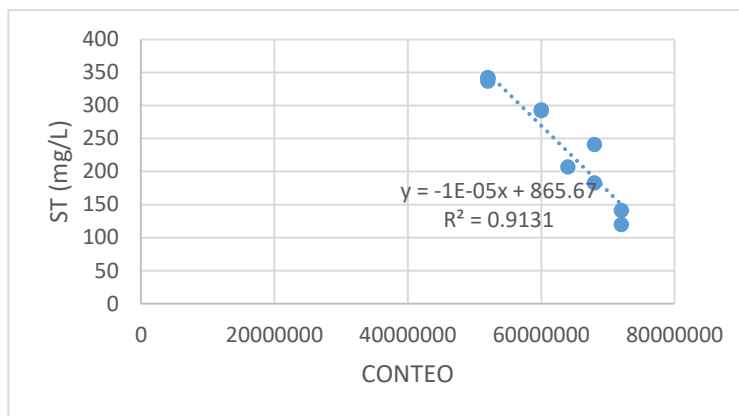
**4.2.4.2. Parámetros químicos:**

**a. Sólidos totales:**

- Con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

## PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 20 Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 91%.

Tabla 20 Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

Modelo		Coeficientes				t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	Beta		
		B	Error típ.				
1	(Constante)	865.666	67.678			12.791	.000
	CONTEO	-9.935E-006	.000	-.958		-9.170	.000

a. Variable dependiente: ST

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en los sólidos totales) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales) OK

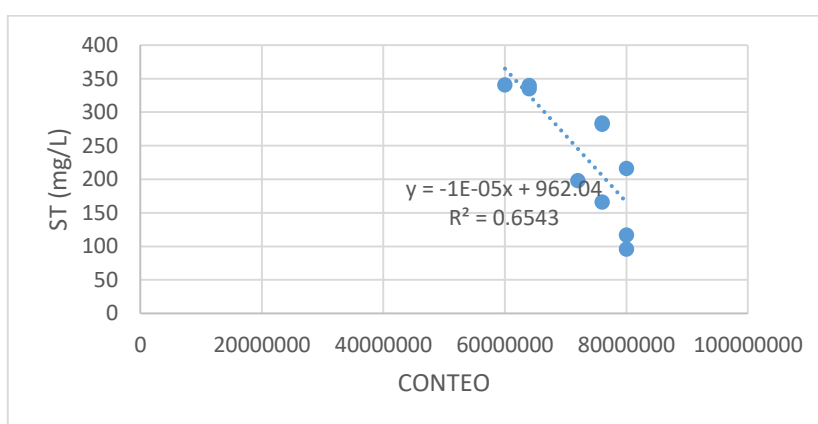
**CONCLUSIÓN:**

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales a una concentración de 350 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

**PRUEBA DE DISPERSIÓN:**

**Gráfico 21** Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 65%.

**Tabla 21** Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

Modelo		Coeficientes			t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	962.044	187.097		5.142	.001
	CONTEO	-9.953E-006	.000	-.809	-3.891	.005

a. Variable dependiente: ST

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,005 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$



$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en los sólidos totales) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales) OK

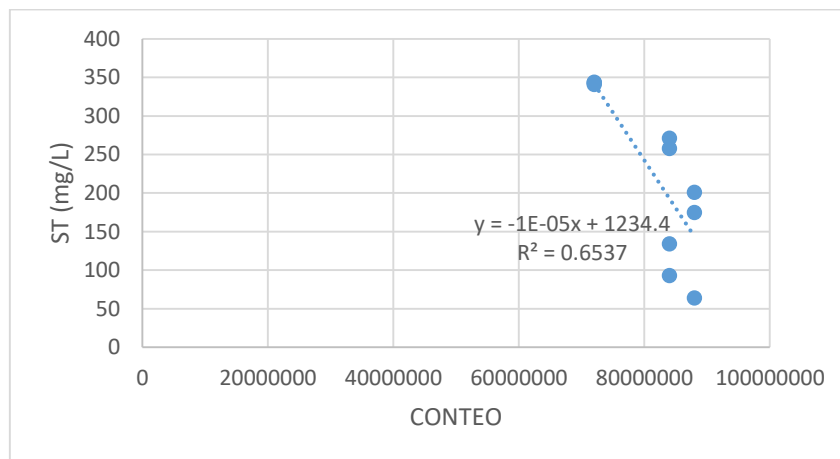
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 22 Prueba de dispersión para sólidos totales con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 65%.

**Tabla 22 Prueba Regresión lineal para sólidos totales con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.***

Modelo		Coeficientes <sup>a</sup>			t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	1234.364	261.239		4.725	.001
	CONTEO	-1.240E-005	.000	-.809	-3.886	.005

a. Variable dependiente: ST

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,005 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en los sólidos totales) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales) OK

### CONCLUSIÓN:

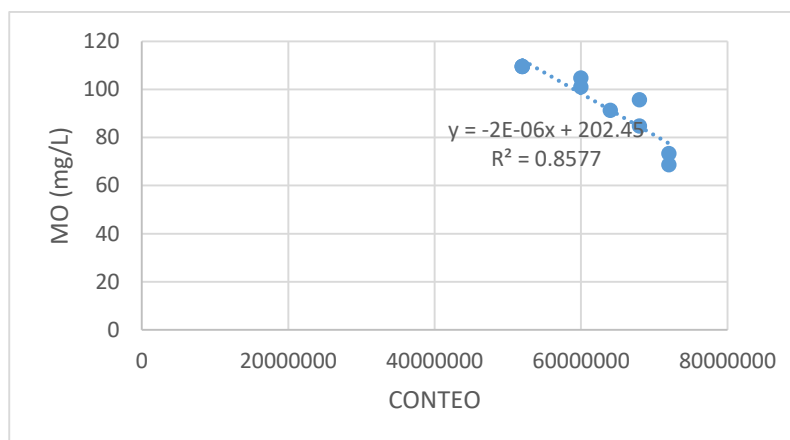
Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en los sólidos totales a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

#### 4.2.4.3. Materia orgánica:

- Con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

**PRUEBA DE DISPERSIÓN:**

**Gráfico 23** Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 85%.

**Tabla 23** Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 350 mL de infusión de *P.c.*

Coeficientes						
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	
	B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	202.447	15.611		12.969	.000
	CONTEO	-1.735E-006	.000	-.926	-6.943	.000

a. Variable dependiente: MO

**DECISIÓN:**

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la materia orgánica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica) OK

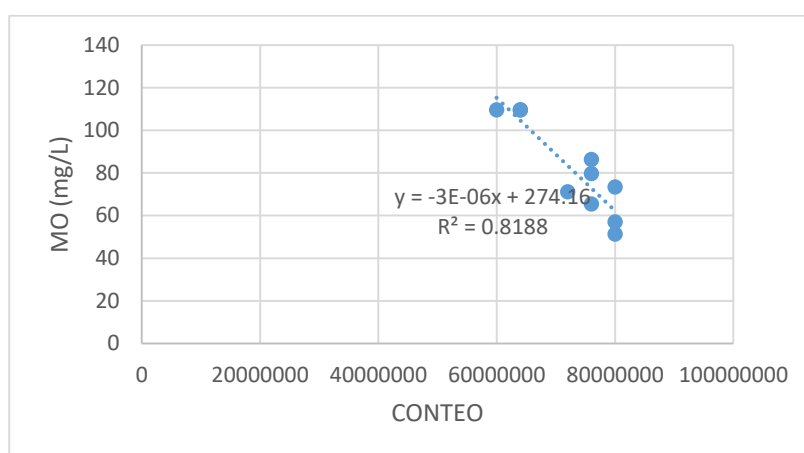
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica a una concentración de 350 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 24 Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*



COMENTARIO: El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 81%.

Tabla 24 Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 500 mL de infusión de *P.c.*

Coeficientes					
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	274.159	32.222	8.508	.000
	CONTEO	-2.648E-006	.000	-.905	-6.012

a. Variable dependiente: MO

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la materia orgánica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica) OK

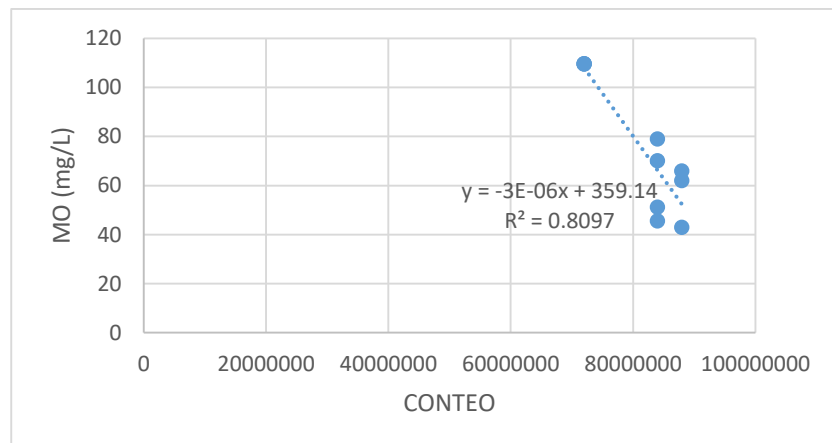
### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica a una concentración de 500 mL con un nivel de confianza del 95%.

- Con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*

### PRUEBA DE DISPERSIÓN:

Gráfico 25 Prueba de dispersión para materia orgánica con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.*



**COMENTARIO:** El valor  $R^2$  indica que el modelo tiene un valor predictivo a un 80%.

**Tabla 25 Prueba Regresión lineal para materia orgánica con dosis de 650 mL de infusión de *P.c.***

Modelo		Coeficientes				t	Sig.
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados			
		B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	359.141	48.925		7.341	.000	
	CONTEO	-3.487E-006	.000	-.900	-5.835	.000	

a. Variable dependiente: MO

### DECISIÓN:

Como Sig. = 0,000 es menor que  $\alpha = 0,05$  entonces rechazo la  $H_0$

$H_0: \rho = 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* NO influye en la materia orgánica) X

$H_1: \rho \neq 0$  (La utilización de *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica) OK

### CONCLUSIÓN:

Existen evidencias para afirmar que el *Paramecium caudatum* influye en la materia orgánica a una concentración de 650 mL con un nivel de confianza del 95%.

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Se registran los resultados de pH que presentan cambios en las tres muestras con diferentes dosis (350 mL, 500 mL, 650 mL), se observa un incremento de similar magnitud en los valores de pH (tendiente a la alcalinidad) en las tres curvas (Gráfico N° 1), las vacuolas contráctiles ayudan a regular el contenido del agua del cuerpo del *P.c.* sirven para la excreción de sustancias nitrogenadas tales como amoníaco y urea (38), los individuos poseen dos vacuolas contráctiles ubicadas en dos extremos del cuerpo y vacían sus fluidos al exterior (40). En el conteo de individuos (Tabla N° 13 y Gráfico N° 7) se observa que hay un incremento de la población, los protozoos son capaces de sobrevivir e incrementarse en pH alcalino (42), el oxígeno disuelto penetra en las membranas y circula por todo el

organismo, las combustiones producidas por el oxígeno tales como el anhídrido carbónico y la urea son expulsados al exterior pasando a través de la membrana (41).

Se registran los resultados de la turbidez que presentan cambios en las tres muestras con diferentes dosis (350 mL, 500 mL, 650 mL), se observa un descenso similar de los valores de turbidez en las tres curvas (Gráfico N°2), las excretas del *P.c.* son sales minerales que se usan para la depuración del agua, sirviendo como clarificador (34). Cabe resaltar que los resultados de materia orgánica y sólidos totales están relacionados con la turbidez ya que a mayor cantidad de estas impiden la entrada de la luz en el agua y evitan su transparencia (35), se registran datos de estas dos últimas variables que van disminuyendo por lo que contribuye que los resultados de la turbidez disminuyan. El *P.c.* tienen un papel importante en la depuración del agua, regulan la biomasa bacteriana (43) y devuelven la transparencia del agua (44).

Se registran los resultados de conductividad eléctrica que presentan cambios en las tres muestras con diferentes dosis (350 mL, 500 mL, 650 mL), se observa un aumento similar de los valores de conductividad eléctrica en las tres curvas (Gráfico N° 3), el *P.c.* al consumir los nutrientes estos se van al citoplasma formando vacuolas nutritivas y los residuos son expulsadas por las vacuolas fecales estos residuos son sales minerales que contribuyen al aumento de la conductividad eléctrica del agua (34).

Se registran los resultados del oxígeno disuelto, no presentan cambios en las tres muestras con diferentes dosis (350 mL, 500 mL, 650 mL), se observa que permanecen constantes en las tres curvas (Gráfico N°4), el *P.c.* no es un organismo fotosintético (46) porque no poseen cloroplastos ni clorofila (3), por lo tanto no pueden capturar la energía solar y así liberar oxígeno, solo los organismos autótrofos pueden realizar fotosíntesis, el *P.c.* es heterótrofo porque obtiene nutrientes en el exterior. Este protozoo puede vivir en condiciones anóxicas (45), es decir que el oxígeno disuelto está agotado, a pesar de esta condición el microorganismo continua con su constante crecimiento (Gráfico N°7).

Se registran los resultados de Materia orgánica y sólidos totales que presentan cambios en las muestras con diferentes dosis (350 mL, 500 mL y 600 mL), se observa un descenso similar de los valores tanto de materia orgánica y sólidos totales en las tres curvas (Gráfico 5 y 6), el *P.c.* son los principales consumidores de poblaciones bacterianas, algas y de algunos protozoarios más pequeños, además poseen una gran cantidad de cilios que ayuda a crear una corriente que favorece la entrada de estos en la boca del organismo; además son capaces de consumir materia orgánica y partículas sólidas por ingestión directa a través de sus paredes corporales según (3). Existen estructuras especializadas

como el citostoma (boca donde ingresan los alimentos) para el consumo de materia orgánica para su alimentación (40). El *P.c.* son abundantes y tiene mejor actividad en estanques de agua dulce que contienen materia orgánica donde son ricas en nutrientes (46).



## CONCLUSIONES

1. La aplicación de las dosis de *Paramecium caudatum* en las muestras de agua permite tener una visión más clara acerca de su influencia en el control de la eutrofización, de acuerdo con los resultados obtenidos indican que ha influido en los parámetros físicos (Turbidez, pH y conductividad eléctrica) y parámetro químico (sólidos totales) que indican eutrofización de las aguas estudiadas a pesar de las diferentes dosis de *P.c.*
2. El *P.c.* no ha influido de manera significativa en el oxígeno disuelto esto tiene que ver que no son fotosintéticos (no tienen cloroplastos ni clorofila), por lo tanto, no liberan oxígeno, además son heterótrofos, es decir que se alimentan de bacterias, otros protozoos, algas.
3. El *P.c.* ha influido en la materia orgánica que indica eutrofización de las aguas estudiadas a pesar de las diferentes dosis.
4. Durante el periodo de análisis se observaron distintas fases de desarrollo del protozoo sin embargo no se observa una afectación significativa en las diferentes dosis.

## RECOMENDACIONES

1. La investigación evidencia la acción del *P.c.*, por lo tanto se recomienda su aplicación en las lagunas de oxidación que son susceptibles a la eutrofización.
2. Los resultados obtenidos son positivos para la disminución de la eutrofización por lo que se recomienda llevar el experimento a mayor escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAVO-INCLAN, Luis. La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo. México : s.n., 2013.
2. CARRASCAL, Isabel. Caracterización de la microbiota bacteriana presente en biorreactores de microalgas alimentados con purines. Valladolid : s.n., 2016.
3. PIEDRAHITA, Marlio. Implementación y reproducción del protozooario paramecium sp en laboratorios de ciencias naturales de educación secundaria. Medellín : s.n., 2013.
4. BERRIOS, Stefhanie. Medios de cultivo. 2016.
5. COLQUEHUANCA, Eliana. Técnicas de cultivo de microorganismos. Lima : s.n., 2013.
6. DIAZ, Ana Y SOTOMAYOR, Lenin. Evaluación de la eutrofización de la laguna Conocha - Ancash. Huaraz : s.n., 2013.
7. HUAMÁN, Magdalena. Evaluacion de la calidad del agua subterranea para consumo humano en el pueblo cerrito san juan, distrito de socabaya, provincia de arequipa, departamento de arequipa. Arequipa : s.n., 2015.
8. GAMBOA, Nadia. Estudio Fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca Región Lima. Lima : s.n., 2016.
9. CASILLA, Sergio. Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenc del río Suhez. Puno : s.n., 2014.
10. MINAM. Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. Lima : s.n., 2017.
11. ROCÍO, Codes Y FRANCISCO, Espino. Diccionario Akal de términos biológicos.
12. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
13. CORREO. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Concepción al 85%. 2014.

14. JIMENEZ, Luis. Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos Macrófitas. Puno : s.n., 2016.
15. RUIZ, Jessica. Estudio de fotobiorreactor de microalga: sistema de monitoreo y simulacion de estrategias de control. Piura : s.n., 2015.
16. GUILLEN, Gisela. Diversidad protozoológica de los pantanos de Villa, Chorrillos – Lima – Perú. Lima : s.n., 2012.
17. CASTRO, Antonio. Curiosidades de los Paramecios. Madrid : s.n., 2014.
18. MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE. Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes.
19. BELTRAN, Tony Y CAMPOS, Cynthia. Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja. Huancayo : s.n., 2016.
20. ROMERO, Teresita Y VARGAS, Dabiel. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. La Habana : s.n., 2017.
21. NCYT. Diferentes motores moleculares en cilios de Paramecios. Santiago : s.n., 2014.
22. MERA, Carlos. Efecto de la Moringa olífera en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. Cauca : s.n., 2016.
23. PORRAS Yancy, PEDRAZA Omar. Manipulación de protozoos por ultrasonidos. Bogotá : s.n., 2014.
24. PEREIRA, Ricardo. Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes. 2017.
25. ALDANA, Erika. Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas. Manizales : s.n., 2014.
26. GARZON, Alejandro. Tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella vulgaris* origen marino mediante fotobiorreactores. Guayaquil : s.n., 2018.
27. MORET, Issa. Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrófitas. Piura : s.n., 2014.
28. CANALES, Hubert. Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de Pátapo . Chiclayo : s.n., 2016.
29. AGUIRRE, Roxana. Aislamiento, cultivo de la microalga *Ankistrodesmus falcatus* y Biorremediación de los malos olores de las aguas residuales del Dren 3100 Chiclayo. Chiclayo : s.n., 2018.

30. OLIVERA, Maritza. Remoción de cromo VI de aguas residuales de curtiembres utilizando el polvo de la semilla de Moringa oleifera como coagulante natural en la región Puno, 2018. Puno : s.n., 2018.
31. CADILLO, Erick. Propuesta de mejoramiento de la calidad de las aguas acidas que drenan del pasivo ambiental de la mina nuncia Mediante el uso de bacterias sulfato reductoras – ataquero – Carhuaz -Ancash. Carhuaz : s.n., 2018.
32. ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Lima : s.n., 2016.
33. UNIVERSIDAD DE MADRID. El Paramecium caudatum. Madrid : s.n., 2017.
34. RUEDA, Lizbeth Funciones vitales del Paramecio. 2014.
35. RAFFO Eduardo, RUIZ Edgar. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. 2014.
36. UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Manual de laboratorio - Contaminación de agua. Huancayo : s.n., 2019.
37. ARANA, Inés, ORRUÑO, Maite Y BARCINA, Isabel. Como abordar y resolver aspectos prácticos de microbiología. Bilbao : s.n., 2012.
38. AYCACHI, Romulo. Protozoos.
39. UIVERSIDAD CONTINENTAL. Tratamientos de agua residuales. Huancayo : s.n., 2018.
40. GELAMBI, Mariana. Paramecios: Morfología, alimentación y clasificación. Mérida : s.n.
41. ROMERO, Lily. Reino protista: Los paramecios.
42. DI, Guada. Paramecios. 2016.
43. LOPEZ. Depuración de aguas residuales. México : s.n.
44. BIODIVERSIDAD VIRTUAL. *Paramecium caudatum*.
45. Caracterizacion microbiológica del fango activo.
46. ROMAN, Mariana Y GÓMEZ, Karina. Biología. México : s.n.

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en los parámetros físicos (Turbidez, conductividad eléctrica, pH, OD) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p> <p>¿Cuál es influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en la materia orgánica del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p> <p>¿Cuál es la variación de la población de <i>Paramecium caudatum</i> (conteo de individuos) en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en el control de la eutrofización de agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar la influencia la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en los parámetros físicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>Determinar la influencia la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> en la materia orgánica del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019?</p> <p>Determinar la variación de la población de <i>Paramecium caudatum</i> (conteo de individuos) en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>La aplicación del <i>Paramecium caudatum</i> influye en los parámetros físicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>La aplicación del <i>Paramecium caudatum</i> influye en el parámetro químico (sólidos totales) del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p>La aplicación de <i>Paramecium caudatum</i> influye en la materia orgánica del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019</p> <p>La población de <i>Paramecium caudatum</i> se incrementa en el agua del distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p>	<p>Variable Independiente: Aplicación de <i>P.c</i></p> <p>Variable Dependiente: Eutrofización</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicado</p> <p>Nivel de investigación Explicativo</p> <p>Diseño de investigación Experimental</p> <p>Población Volumen total del agua de la laguna de oxidación de la PTAR.</p> <p>Muestra 4 muestras con 2 L. cada una</p> <p>Técnica de Recolección</p> <p>Fichas de observación, análisis de laboratorio</p> <p>Técnicas de Procesamiento Excel y SPSS (Regresión lineal)</p>

**ANEXO N°2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:**

<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento y/o técnicas</b>
<p>La utilización del <i>Paramecium caudatum</i> influye en el control de la eutrofización agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019.</p> <p><b>Hipótesis nula:</b> H0: <math>\rho = 0</math> (La utilización de <i>Paramecium caudatum</i> NO influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019).</p> <p><b>Hipótesis alterna:</b> H1: <math>\rho \neq 0</math> (La utilización de <i>Paramecium caudatum</i> influye en el control de la eutrofización del agua en el distrito de Sapallanga – Junín 2019).</p>	<p><b>Variable independiente:</b> Aplicación de P.c.</p>	<p>Conteo de <i>Paramecium caudatum</i></p>	<p>Número de individuos de <i>Paramecium caudatum</i></p>	<p>Fichas de observación, ficha de información técnica, análisis de laboratorio</p>
		<p><b>Variable dependiente:</b> Eutrofización</p>	<p><b>Parámetros físicos del agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbidez</li> <li>- Conductividad eléctrica</li> <li>- pH</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> </ul>	<p>Fichas de observación, ficha de información técnica, análisis de laboratorio.</p>
	<p><b>Parámetros químicos del agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólidos totales</li> </ul>		<p>Observación directa, ficha de información técnicas, normativas ambientales, análisis de laboratorio</p>	



**ANEXO N°3: REGISTRO DE DATOS EN CAMPO PROPUESTA POR LA AUTORIDAD NACIONAL DE AGUA**

CUENCA: \_\_\_\_\_  
 AAA/ALA: \_\_\_\_\_

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas <sup>1</sup>		Altura msnm	Fecha	Hora	pH	T	OD	COND	Caudal <sup>1/2</sup> profundidad	Observaciones <sup>1</sup>
						Norte/Sur	Este/Oeste					°C	mg/L	µS/cm	m³/s o m	

**ANEXO N°4: ETIQUETAS PARA MUESTRA DE AGUA PROPUESTA POR LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

## ANEXO N°5: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1 Laguna de oxidación de la PTAR



Fotografía 2 Cultivo de Paramecium caudatum



Fotografía 3 Equipos para el análisis de agua



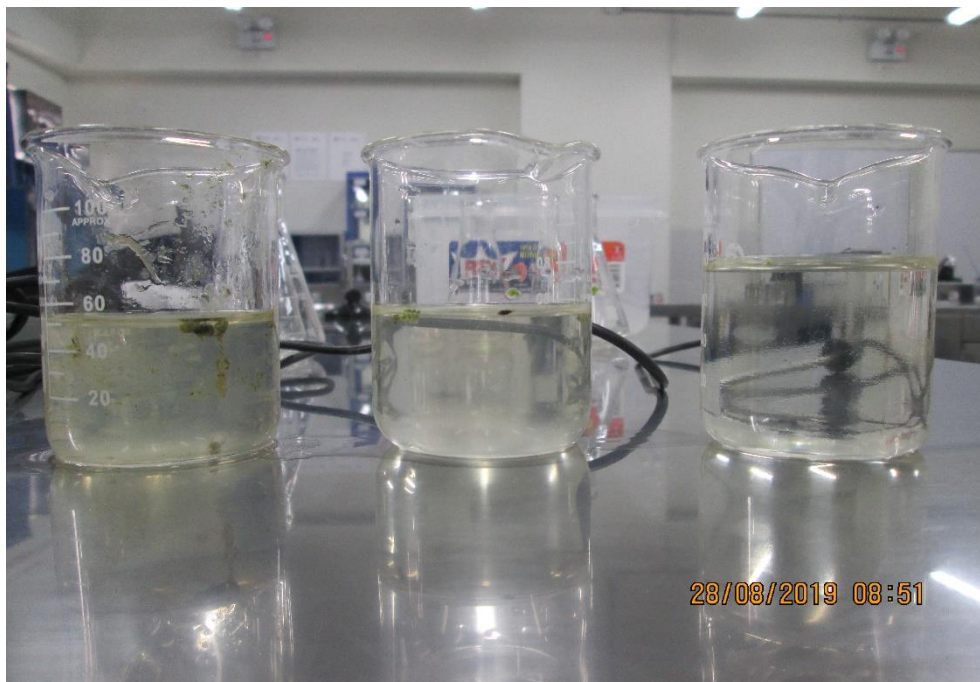
Fotografía 4 Cámara de Neubauer



**Fotografía 5 Muestras de agua eutrofizada antes de la dosificación**



**Fotografía 6 Muestras de agua eutrofizada después de la dosificación**



Fotografía 7 Visualización de *Paramecium caudatum* en el microscopio con la cámara de Neubauer

