

**SOLICITO: AMPLIACIÓN DEL PLAZO PARA
CULMINACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE LA TESIS**

Señor

Dr. MARIO ARISTIDES CHAVEZ MUÑOZ

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

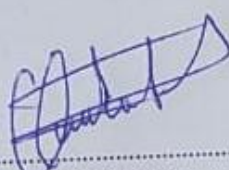
El suscrito, TINOCO TOVAR VICTOR ALONSO con DNI N°71545569, Bachiller de la Especialidad de Ingeniería Sanitaria de la FIA, con código 20160439E, ante usted me presento y expongo:

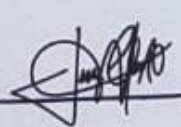
Que teniendo un **95%** del desarrollo de mi Tesis, cuyo título es: **"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE MICROALGAS EN LA DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA DEL CITRAR-FIA-UNI"**; y de acuerdo a lo estipulado en el **Art. 44°** del Reglamento para el Otorgamiento de Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la UNI, solicito a usted se me conceda ampliación del plazo por tres meses para poder culminar el desarrollo de mi Tesis y sustentar.

POR LO EXPUESTO:

Pido a usted decano, acceder a mi solicitud por considerarla de justicia.

Lima, 28 de febrero del 2026.


Cód. UNI: 20160439E
Celular: 922660631
D.N.I.: 71545569
Email: victor.tinoco.t@uni.pe


Asesor

Adjunto:

- Carta de aprobación del plan de tesis
- Carta de modificación del título (si lo tiene)
- Borrador de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

CARTA N° 116-2024-CGT-FIA

Expediente: 183512-2023

Lima, 11 de abril de 2024

Señor

Bach. VICTOR ALONSO TINOCO TOVAR

Presente. -

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirle la presente, para hacer de su conocimiento la emisión de la Resolución Rectoral N° 371 de fecha 17 de marzo del año 2016 por medio de la cual se aprueba el Reglamento para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En cumplimiento al Reglamento y visto el informe de la Comisión de Grados y Títulos, se aprueba el desarrollo de la Tesis cuyo título es el siguiente: **"EFECTO DE LAS ALGAS EN LA DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN EL EFLUENTE DE UNA LAGUNA FACULTATIVA"**, el mismo que tiene como plazo 02 (dos) años, a partir de la oficialización, para presentar y sustentar.

Excepcionalmente, a solicitud del Interesado (a), el Decano con la recomendación de la Comisión de Grados y Títulos, podrá ampliar los plazos establecidos hasta por 01 (un) año. Vencido dicho plazo se dará por concluido el proceso, pudiendo el (la) bachiller iniciar nuevamente el trámite optando por cualquiera de las modalidades de titulación existentes.

Asimismo, se le comunica que su asesor designado es el: **MSc. JUAN CARLOS ALARCÓN CÓNDROR.**

Con relación a los requisitos para la presentación de su Tesis, la documentación exigida para la sustentación se presentará treinta (30) días antes de la fecha de vencimiento de plazo.

El texto del Reglamento para el Otorgamiento de Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la UNI, así como el Reglamento de Procedimientos y Normas para Titulación Profesional por las diferentes modalidades y otorgamiento de Grados Académicos de Bachiller en la FIA, se encuentran disponibles en la página web de la FIA (<http://fiauni.pe>).

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,


Dr. MARIO ARISTIDES CHAVEZ MUÑOZ
DECANO

C.C: Asesor
MACM/Shur





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Ambiental

**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNIN Y AYACUCHO"**

Lima, 04 de junio de 2024

CARTA N° 176-2024-UNI-FIA-CGT

Señor
VICTOR ALONSO TINOCO TOVAR
Bachiller EPIS-FIA

Presente

De mi consideración:

Me dirijo a usted para saludarle cordialmente e indicarle que, a mérito de lo acordado por la Comisión de Grados y Títulos - FIA, en la reunión llevada a cabo el 31 de mayo de 2024, se aprobó la solicitud de cambio de Título de la Tesis:

**"EFECTO DE LAS ALGAS EN LA DESINFECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN EL EFLUENTE DE UNA
LAGUNA FACULTATIVA",**

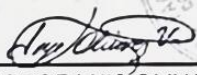
por el de:

**"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE MICROALGAS EN LA DESINFECCIÓN DE
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN
EL EFLUENTE DE LA LAGUNA FACULTATIVA DEL CITRAR-FIA-UNI"**

Asimismo, se indica que los plazos de presentación de la Tesis son los indicados en la CARTA N° 116-2024-CGT-FIA.

Atentamente,




ING. JORGE LUIS OLIVAREZ VEGA
Presidente
Comisión de Grados y Títulos

JOV/Shur

Expediente: 053839-2024

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

**Efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de
aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en
el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario.

Elaborado por

Víctor Alonso Tinoco Tovar

 [0009-0003-6024-6563](https://orcid.org/0009-0003-6024-6563)

Asesor

MSc. Ing. Juan Carlos Alarcón Córdor

 [0000-0001-9020-8232](https://orcid.org/0000-0001-9020-8232)

TOMO I DE I

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Tinoco-Tovar [1]
Referencia/Reference	[1] V.A. Tinoco-Tovar, " <i>Efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI</i> " (Tesis de pregrado). Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Tinoco-Tovar, 2025)
Referencia/Reference	Tinoco-Tovar, V.A. (2025). <i>Efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI</i> . (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería). Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A mis queridos padres, Víctor Tinoco y Mary Tovar, cuya inagotable labor ha sido fundamental para el progreso de la familia. Gracias a su dedicación y esfuerzo, mis hermanos y yo hemos logrado nuestra formación profesional, este triunfo les pertenece a ustedes.

Agradecimientos

Al MSc. Ing. Juan Carlos Alarcón Cóndor por brindarme asesoría inclusive para la elaboración del plan de tesis, así como, por su constante disposición para resolver mis dudas a lo largo del proceso.

Al PhD(c) Armando Chiclla Salazar, especialista Biólogo, por la asesoría en el arranque de mi tesis y poner a mi disposición las instalaciones del laboratorio de la Universidad Católica Sede Sapientiae (UCSS).

A la PhD(c). Lita Molina Huachaca, especialista Bióloga, por aclarar mis consultas concernientes al comportamiento de las algas durante el desarrollo de esta investigación.

A la Dr. Ing. Rosa Elena Yaya Beas, por compartir sus conocimientos durante mi formación en pregrado y mi labor como brigadista en el CITRAR-FIA-UNI, gracias a sus enseñanzas logré desarrollar mi investigación con mayor facilidad y confianza.

A todo el personal técnico y administrativo del CITRAR-FIA-UNI y del LIA, por facilitarme las instalaciones, equipos e insumos durante todo el transcurso de mi investigación.

Al Ing. Manuel Ramírez Escalante, Gerente General de la empresa HIDROFILTEC S.A.C., por asesorarme en la construcción del reactor ultravioleta.

A la PhD(c) Sheyla Chero Osorio, por haberme introducido en el mundo de la investigación, su apoyo y consejo, han fundamentales en este camino.

Al Investigador en el laboratorio de Microbiología y Biotecnología de la UTEC, Eduardo Puca Cahuana, por apoyarme en ajustar los cálculos y criterios de contabilización de algas.

A mis compañeros de tesis, por ser serviciales durante la etapa de laboratorio de la tesis.

Resumen

Esta tesis consigna la evaluación del impacto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI. El sistema de desinfección UV-C estuvo conformado por 3 lámparas de potencia nominal 30W y longitud de 90,90cm c/u, protegidos con tubos de cuarzo y sumergidos en 20L de agua para simular la aplicación real.

El recuento celular de microalgas tuvo base en la metodología del Hematocitómetro Neubauer y el balance de la biomasa, logrando identificar 35 tipos de microalgas.

Para lograr variaciones de concentración de microalgas, las muestras fueron mezcladas con agua destilada a diferentes grados de disolución: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%. No obstante, cada grado de disolución fueron sometidos a 3 tiempos de exposición UV-C, 60seg, 90seg y 120seg, siendo el más eficiente la disolución al 0% para el tiempo de 90seg, otorgando una remoción de coliformes termotolerantes de 2.56 UND Log y una remoción del 7% en Sólidos Suspendidos Totales.

El sistema de desinfección alcanzó una dosis máxima de 161.76mJ/cm² para la disolución 70%, y dosis UV-C mínimas promedio para disoluciones menores a 40%, determinando que mientras más diluido este la muestra (menor concentración de microalgas), más efectivo es el sistema de desinfección UV-C para temperaturas menores a 21°C, mientras que para temperaturas mayores a 25°C las microalgas (*phacus pusillus*) y con apoyo de la desinfección UV-C, dejan el efluente en menos de 10NMP/100ml coliformes termotolerantes, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental.

Los resultados obtenidos infieren que, la concentración de microalgas impacta positiva o negativamente durante la desinfección por radiación UV-C, dependiendo de la temperatura del agua.

Palabras clave: Dosis UV-C, microalgas, coliformes termotolerantes, hematocitómetro Neubauer, radiación UV-C.

Abstract

This thesis reports on the evaluation of the impact of microalgae concentration on the disinfection of domestic wastewater using ultraviolet radiation in the effluent of the CITRAR-FIA-UNI facultative lagoon. The UV-C disinfection system consisted of three lamps with a nominal power of 30W and a length of 90.90cm each, protected by quartz tubes and submerged in 20L of water to simulate real-world application.

The microalgae cell count was based on the Neubauer hemacytometer methodology and biomass balance, identifying 35 types of microalgae.

To achieve variations in the concentration of dissolved microalgae, the samples were mixed with distilled water at different degrees of dilution: 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% and 90%. However, each degree of dissolution was subjected to three UV-C exposure times: 60, 90, and 120 seconds, the most efficient being the 0% dissolution for the time of 90 seconds, providing a removal of thermotolerant coliforms of 2.56 UND Log and a removal of 7% in Total Suspended Solids.

The disinfection system reached a maximum dose of 161.76 mJ/cm² for the 70% solution, and average minimum UV-C doses for solutions below 40%, determining that the more diluted the sample (lower concentration of microalgae), the more effective the UV-C disinfection system is for temperatures below 21°C, while for temperatures above 25°C, the microalgae (*Phacus pusillus*) and with the support of UV-C disinfection, leave the effluent with less than 10 NMP/100 ml thermotolerant coliforms, complying with environmental quality standards.

The results obtained suggest that the concentration of microalgae has a positive or negative impact during UV-C radiation disinfection, depending on the water temperature.

Keywords: UV-C dose, microalgae, thermotolerant coliforms, Neubauer hemacytometer, UV-C radiation.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xvi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Objetivos del estudio	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Hipótesis	4
1.5.1 Hipótesis general.....	4
1.5.2 Hipótesis específica.....	4
1.6 Variables e Indicadores	4
1.6.1 Variable Independiente.....	4
1.6.2 Variable Dependiente	5
1.7 Antecedentes investigativos	5
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	11
2.1 Marco teórico	11
2.1.1 Aguas Residuales Domésticas	11
2.1.2 Tren de tratamiento de aguas residuales domésticas.....	11
2.1.3 Lagunas o Estanques de Estabilización	12
2.1.4 Microalgas.....	13
2.1.5 Desinfección por Luz UV	14
2.1.6 Potencial Zeta	17
2.1.7 Conductividad Eléctrica	18

2.2	Marco conceptual	18
2.3	Marco Legal	20
2.3.1	Límites Máximos Permisibles (LMP).....	20
2.3.2	Estándares de Calidad Ambiental para Agua	20
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		21
3.1	Ubicación del Proyecto de Investigación	21
3.2	Periodo de Investigación	21
3.3	Afluente del sistema de desinfección UV-C	22
3.4	Sistema de desinfección UV-C	22
3.4.1	Descripción del reactor.....	22
3.5	Mecanismo de Desinfección del Sistema UV-C.....	26
3.6	Frecuencia de monitoreo.....	26
3.7	Dosis UV-C de Inactivación de patógenos.....	28
3.8	Parámetros Fisicoquímicos	30
3.8.1	Potencial de Hidrogeno	30
3.8.2	Temperatura del agua	30
3.8.3	Oxígeno Disuelto.....	30
3.8.4	Transparencia de laguna.....	30
3.8.5	Absorbancia	30
3.8.6	Transmitancia.....	31
3.8.7	Sólidos Suspendidos Totales	31
3.9	Parámetros Microbiológicos	32
3.9.1	Coliformes Termotolerantes	32
3.9.2	Concentración de Microalgas	33
3.10	Obtención de Resultados	37
3.10.1	Resultados Cuantitativos.....	37
3.10.2	Resultados Cualitativos	50
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....		58

4.1	Temperatura.....	58
4.2	Potencial de Hidrógeno	59
4.3	Oxígeno Disuelto.....	59
4.4	Absorbancia	60
4.5	Transmitancia.....	61
4.6	Transparencia	62
4.7	Dosis Media UV-C.....	62
4.8	Concentración de Coliformes Termotolerantes.....	63
4.9	Concentración de Sólidos Suspendidos	63
4.10	Concentración de Microalgas	64
4.11	Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes Vs Concentración de Microalgas.....	65
4.12	Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales Vs Concentración de Microalgas.....	74
	Conclusiones.....	82
	Recomendaciones.....	84
	Referencias bibliográficas	86
	Anexos.....	92

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Ensayos experimentales.	27
Tabla 2: Resumen de resultados (parámetros físicos no visibles).....	38
Tabla 3: Resumen de resultados (parámetros físicos visibles).....	39
Tabla 4: Variación de microalgas Vs Remoción de coliformes termotolerantes.....	41
Tabla 5: Resultados de temperatura promedio y grado de disoluciones.	42
Tabla 6: Resultados de pH promedio y Grado de Disoluciones	43
Tabla 7: Resultados de Oxígeno Disuelto promedio y Grado de Disoluciones.....	44
Tabla 8: Resultados de Absorbancia promedio y Grado de Disoluciones.	45
Tabla 9: Resultados de Transmitancia promedio y Grado de Disoluciones.....	46
Tabla 10: Resultados de Transmitancia promedio y Grado de Disoluciones.....	47
Tabla 11: Resultados de Dosis media y Grado de Disoluciones.	48
Tabla 12: Resultados de Coliformes Termotolerantes y Grado de Disoluciones	49
Tabla 13: Resultados de Sólidos Suspendidos Totales y Grado de Disoluciones.	50
Tabla 14: Resultados de identificación de microalgas observadas.....	51
Tabla 15: Concentración de microalgas bajo una dilucion del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.	5
Tabla 16: Concentración de microalgas bajo una dilución del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.	6
Tabla 17: Concentración de microalgas bajo una dilución del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.	7
Tabla 18: Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.	8
Tabla 19: Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.	9
Tabla 20: Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.	10

Tabla 21: Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.	11
Tabla 22: Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.	12
Tabla 23: Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.	13
Tabla 24: Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.	14
Tabla 25: Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.	15
Tabla 26: Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.	16
Tabla 27: Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.	17
Tabla 28: Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	18
Tabla 29: Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	19
Tabla 30: Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.....	20
Tabla 31: Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	21
Tabla 32: Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	22
Tabla 33: Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.....	23
Tabla 34: Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	24

Tabla 35: Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	25
Tabla 36: Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.....	26
Tabla 37: Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	27
Tabla 38: Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	28
Tabla 39: Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.....	29
Tabla 40: Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	30
Tabla 41: Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	31
Tabla 42: Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.....	32
Tabla 43: Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.....	33
Tabla 44: Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.....	34

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Profundidad de lagunas de estabilización.	12
Figura 2: Interferencia de partículas en la penetración de radiación UV-C.	15
Figura 3: Nocividad de la radiación UV-C en microalgas.	16
Figura 4: Ubicación del módulo de investigación.	21
Figura 5: Isométrico del sistema UV-C.	23
Figura 6: Disposición de lámparas ultravioleta.	23
Figura 7: Sección útil del reactor UV-C rectangular	24
Figura 8: Corte del reactor UV-C rectangular	24
Figura 9: Distribucion de lámparas UV-C	25
Figura 10: Reactor UV-C encendido	25
Figura 11: Consideraciones para el recuento celular por tipo de cámaras	33
Figura 12: Divisiones de recuento de la Cámara Neubauer	35
Figura 13: Método zigzag para conteo de microalgas de gran concentracion celular 36	36
Figura 14: Muestra compuesta Vs muestra centrifugada	37
Figura 15: Temperatura promedio Vs Grado de Disoluciones.	42
Figura 16: Potencial de Hidrógeno promedio Vs Grado de Disoluciones	43
Figura 17: Oxígeno Disuelto promedio Vs Grado de Disoluciones	44
Figura 18: Absorbancia promedio Vs Grado de Disoluciones	45
Figura 19: Transmitancia promedio Vs Grado de Disoluciones	46
Figura 20: Transparencia promedio Vs Grado de Disoluciones	47
Figura 21: Dosis media Vs Grado de Disoluciones	48
Figura 22: Coliformes Termotolerantes Vs Grado de Disoluciones	49
Figura 23: Sólidos Suspendidos Totales Vs Grado de Disoluciones	50
Figura 24: Concentración de Microalgas al 10% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	65
Figura 25: Concentración de Microalgas al 20% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes	

Termotolerantes.....	66
Figura 26: Concentración de Microalgas al 30% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	66
Figura 27: Concentración de Microalgas al 40% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	67
Figura 28: Concentración de Microalgas al 50% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	67
Figura 29: Concentración de Microalgas al 60% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	68
Figura 30: Concentración de Microalgas al 70% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	68
Figura 31: Concentración de Microalgas al 80% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	69
Figura 32: Concentración de Microalgas al 90% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	69
Figura 33: Concentración de Microalgas al 0% Vs Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes.....	70
Figura 34: Resumen de Concentración de Microalgas y Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes Vs Tiempos de Exposición UV-C.....	71
Figura 35: Concentración de Microalgas al 10% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	74
Figura 36: Concentración de Microalgas al 20% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	74
Figura 37: Concentración de Microalgas al 30% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	75
Figura 38: Concentración de Microalgas al 40% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	75
Figura 39: Concentración de Microalgas al 50% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos	

Suspendidos Totales	76
Figura 40: Concentración de Microalgas al 60% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	76
Figura 41: Concentración de Microalgas al 70% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	77
Figura 42: Concentración de Microalgas al 80% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	77
Figura 43: Concentración de Microalgas al 90% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	78
Figura 44: Concentración de Microalgas al 0% Vs Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales	78
Figura 45: Resumen de Concentración de Microalgas y Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendidos Totales Vs Tiempos de Exposición UV-C	79

Introducción

El Perú es un país de economía emergente, motivo por el cual la tecnología se muestra ajena en muchos sectores, entre ellos el sector saneamiento, específicamente en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

SUNASS (2022) manifiesta que existen alrededor de 171 plantas de tratamiento, de los cuales la gran mayoría opera con sistema de lagunas, datos esperados, debido a que el Perú cuenta con gran área de terreno disponible para implementar lagunas de estabilización; sin embargo, un gran porcentaje de los efluentes tratados no logran cumplir los límites y estándares requeridos para su reúso, desperdiciándose así una gran cantidad de volumen de agua tratada a nivel nacional, cifra alarmante frente al estrés hídrico que atraviesa el Perú y el planeta.

A través de los años los métodos de desinfección para aguas residuales domésticas fueron innovando, desde la Cloración, Radiación UV-C, Oxidación Avanzada, Ultrasonido, entre otros. El Perú aún emplea la desinfección por cloración debido a su alta efectividad en remoción de patógenos por su agente residual a través del tiempo, a pesar de los subproductos carcinógenos que se originan.

Frente a esta necesidad sanitaria, la presente investigación busca evaluar el impacto que genera la concentración de microalgas presentes en efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI, en el proceso de desinfección a través de radiación UV-C. De esta forma se satisface la incertidumbre que demanda la SUNASS, si es viable o no el emplear radiación UV-C en lagunas de estabilización. Así mismo, se busca implantar un precedente para futuras investigaciones con datos fidedignos bajo el marco normativo peruano, ya que esta tecnología vanguardista demostró ser no solo eficiente y de baja operación y mantenimiento, sino también de tarifas competitivas hacia el usuario a través de programas de subsidio a la demanda inicial por parte de estados latinoamericanos.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Esta investigación se centra en evaluar el efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de las aguas residuales domesticas a través de la radiación UV-C. La tecnología del sistema de desinfección UV-C se emplea para reducir la carga microbiana, solidos, microalgas, etc. Se considera un tratamiento terciario y se enfocan en tratar los efluentes provenientes de lagunas de estabilización, lodos activados, etc. El sistema de desinfección UV-C está compuesto por un banco de lámparas de mercurio de baja presión, calibrado a 254nm de longitud de onda, las cuales están inmersos dentro de un reactor de geometría uniforme de acero inoxidable. La presente investigación dispone de 3 lámparas PHILIPS de 30W c/u de mercurio de baja presión, las cuales trabajan en sumergido y protegidos con tubos de material de cuarzo.

1.2 Descripción del problema de investigación

Pese a los esfuerzos realizados por diversas entidades gubernamentales en el Perú por disminuir el uso de agua potable para el riego de áreas verdes, a través de obras en vías de desarrollo tales como plantas de tratamiento de agua residual, aún estamos lejos de cubrir esta demanda, cuya insuficiencia se ve reflejado en la elevada huella hídrica que implica el riego de parques y jardines, tan solo en Lima Metropolitana.

Según el informe que emitió la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2022), concluyó que, existen 171 PTAR operativas en el Perú, de la cuales el 20% de estas disponen de un sistema de desinfección como última unidad de tratamiento para disminuir la carga microbiana; sin embargo, solo el 6% lo hacen por radiación UV-C mientras que el 94% (cifra alarmante), emplea aún el cloro como agente activo, pese a la formación de subproductos carcinógenos que trae como consecuencia su aplicación.

El uso de radiación ultravioleta en la desinfección de aguas residuales domésticas ha demostrado ser una técnica efectiva para eliminar microorganismos patógenos y reducir

la carga microbiológica. No obstante, surge la inquietud de qué forma impacta la presencia de microalgas o microorganismos fotosintéticos comunes en aguas contaminadas.

La laguna facultativa, al tener una elevada turbiedad y biomasa de algas presente en invierno, los cuales constituyen los sólidos en suspensión, provocan un impedimento en la penetración de la radiación para disminuir los microorganismos patógenos (Lei Liu et al. 2017, p. 08).

En contraposición a este argumento, (Nelson, 2000) asegura que, a pesar de las altas concentraciones de sólidos en suspensión presentes en las lagunas de estabilización, estas no resultan ser un impedimento para alcanzar altas eficiencias de remoción a través de la radiación, esto se consiguió debido a que los coliformes no se encontraban asociados a las partículas (p.01).

A raíz de la falta de comprensión en esta área, resalta la necesidad de investigar en profundidad los mecanismos de interacción entre algas y radiación ultravioleta, con el propósito de optimizar las estrategias de desinfección y consignar un precedente en el país, para así optar por la desinfección con radiación UV en lugar de la cloración.

1.3 Formulación del problema

Problema general:

¿Cuál es el efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI?

Problemas específicos:

¿Cómo varía la concentración de microalgas en función de la dilución de muestra con agua destilada y su impacto en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, en términos de la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos?

¿Cómo influye el tiempo de contacto con radiación UV-C sobre la concentración de microalgas y la desinfección de aguas residuales domésticas en términos de la remoción de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos?

1.4 Objetivos del estudio

A raíz de las múltiples plantas de tratamiento con lagunas de estabilización que presenta el Perú como tratamiento secundario, y las innumerables descargas del efluente de estas plantas al alcantarillado sin ser reaprovechadas para riego de áreas verdes, surge la necesidad de efectuar esta investigación, el cual permite determinar el efecto que provoca la concentración de microalgas durante el proceso de desinfección a través de radiación UV-C en el efluente de laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI, con la finalidad de disminuir la carga microbiana y cumplir los estándares de calidad ambiental apta para riego.

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar la concentración de microalga para distintas diluciones de muestra con agua destilada y su efecto en la desinfección de las aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, considerando la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.

Analizar el impacto del tiempo de contacto con radiación UV-C en la concentración de microalgas y su influencia en la desinfección de aguas residuales domésticas, en términos de la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

A pesar de la elevada concentración de microalgas en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI, al exponer la muestra a radiación UV-C se prevé una remoción entre [99.00% - 99.90%] de coliformes termotolerantes o [2 – 3]unidades logarítmicas.

1.5.2 Hipótesis específica

La concentración de microalgas varía en función de la dilución de muestra con agua destilada, lo que influye en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, variando los parámetros de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.

El tiempo de contacto con radiación UV-C influye en la concentración de microalgas y en la eficiencia de la desinfección de aguas residuales domésticas, determinando la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.

1.6 Variables e Indicadores

1.6.1 Variable Independiente

- Concentración de Microalgas

Dimensiones

- Dilución de muestra con agua destilada
- Tiempo de contacto UV-C

Indicadores

- Grado de Diluciones (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%)
- Tiempos de contacto UV-C (60seg, 90seg, 120seg)

1.6.2 Variable Dependiente

- Desinfección de aguas residuales domesticas mediante radiación ultravioleta.

Dimensiones

- Coliformes Termotolerantes
- Conteo de Microalgas
- Sólidos Suspendidos Totales

Indicadores

- Remoción de Coliformes Termotolerantes
- Concentración de Microalgas
- Eficiencia de Remoción de SST

1.7 Antecedentes investigativos

Sánchez et al., (2012) investigó la radiación ultravioleta como alternativa de desinfección de las aguas residuales de una laguna de oxidación y su posterior uso de riego en áreas verdes. Se puso en marcha un sistema de desinfección UV para tratar el efluente de la laguna de oxidación, el cual presentó eficiencias de remoción del 99.92% en coliformes, siendo la caracterización en coliformes del efluente de la laguna de oxidación, 1.2×10^3 NMP/100ml. El equipo de desinfección que logró cierta eficiencia dispuso de 3 lámparas de 2.5cm de diámetro y 2cm de profundidad, generando una potencia total de 90W bajo un tiempo de exposición óptimo de 90seg.

Alarcón-Cóndor (2008) efectuó un estudio sobre el comportamiento de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI a nivel de microorganismos y microalgas. En la metodología utilizada, tuvo en cuenta parámetros principales para la evaluación, siendo estos: variación poblacional de Algas según la profundidad y puntos según se avanza el sistema de lagunas, oxígeno disuelto por hora, día y mes; comportamiento de la Demanda

Bioquímica de Oxígeno – DBO5; comportamiento del número de bacterias heterotróficas por hora, día, mes y profundidades; comportamiento de los coliformes fecales por horas, días, mes y profundidades, comportamiento del número de algas por horas, día, mes y profundidades. No obstante, para realizar el conteo de algas a diferentes profundidades en la laguna secundaria (0.0m, 0.65, y 1,30m), utilizó la cámara de conteo de Neubauer a razón por muestra (N° Algas/1mm³). Como metodología de muestreo, considero un intervalo de muestreo de 6 horas, es decir: 12:00am, 6:00am, 12:00pm y 6:00pm. Así mismo en base al modelo de curva de tendencia de variación de algas, determinó la cantidad de algas en promedio que existen al mes, entre ellos, mes de marzo, junio, julio, agosto y setiembre. Dando como resultado que el número máximo de algas fue observado en el mes de marzo (a 0.65m de profundidad), con 1375 algas, y el mínimo se dio en el mes de setiembre con 538 algas, medidos a una profundidad de 1.30m. A raíz de los resultados, concluyó que es impredecible la variación de N° de algas medidos en la laguna a diferentes profundidades, y esto es debido a la discontinuidad de flujo o ingreso de agua. Se logró identificar entre los 33 tipos de algas las más relevantes: Chlorella, Euglena, Closterium, Ankistrodesmus, Anabaena, Chlamydomonas y Pleurochloris. La identificación de estas algas lo efectuó con el microscopio de luz y con un máximo aumento de 1000X.

Souza et al. (2012) evaluó en Brasil la radiación UV como agente desinfectante de aguas residuales sanitarias procedente de tratamiento biológico que contienen concentraciones de SST que oscilan entre 30 y 75 mg/L. La eficacia del proceso se evaluó en el efluente de la laguna facultativa del EDAR utilizando microorganismos indicadores Coliformes Totales (CT) y Escherichia Coli. Efectuaron 5 baterías de ensayos de desinfección con radiación UV, con muestras de efluentes recogidas siempre a la salida de la Laguna Facultativa de la EDAR. Estas 5 pruebas presentaban calidades fisicoquímicas y microbiológicas diferentes, la prueba N°2 tenía buena calidad como efluente con 30 mg/L, turbiedad de 15,1 NTU, $6,5 \times 10^4$ de Coliformes Termotolerantes, y $2,0 \times 10^4$ de E. Coli, ambas en UFC.100ML. Las pruebas de desinfección la realizaron en un reactor sobremesa

tipo Batch (en régimen discontinuo) de laboratorio, el reactor estructurado en acero inoxidable con una cúpula de aluminio desmontable que contenía 6 lámparas de 40cm de longitud. Emisores Philips de vapor de mercurio a baja presión, separados entre si 2,2cm con una potencia nominal de 15W cada uno e interruptores de potencia individuales. Durante las pruebas de desinfección el reactor UV se mantuvo en una agitación magnética para evitar la sedimentación de solidos en suspensión y simular la aplicación técnica en condiciones reales de funcionamiento. Los tiempos de exposición empleados fueron 20, 40, 60, 90, 120, 180 y 300 segundos, y para cada tiempo la dosis de 21.14, 42.28, 63.42, 95.13, 126.84, 190.26 y 317.1 mWs.cm² respectivamente. Así mismo, el espesor de la lámina líquida (L) fue de 8cm en todos los ensayos. Como resultado se obtuvo que para la prueba N°2 se obtuvo una inactivación total de E.Coli con 5 log de inactivación, a partir de la dosis de 42,28mWs.cm². Así mismo esta prueba fue la más satisfactoria en términos de eficacia de inactivación de Coliformes Termotolerantes y E. Coli a partir de la dosis de 95,13 mWs.cm⁻² con 90 segundos de TRH, en ambos parámetros se redujo más de 5 unidades logarítmicas. Es decir, más de este rango de 95.13 mWs.cm⁻² y 90 segundos de TRH en función a la correlación anterior de dosis vs TRH, y utilizando las 6 lámparas, los coliformes se reducen a cero, siempre y cuando tengas similares características de efluente N°2.

Fuhrmann, T. & Rudolph, K.U. (2009) afirman que, el método de desinfección por radiación UV, es apropiado para el efluente de las lagunas de estabilización, a su vez, indican que luego del tratamiento secundario convencional es necesario una desinfección suplementaria, para ello evaluaron diferentes sistemas de lagunas en Alemania llegando a la conclusión que; lagunas con transmitancia UV menores a 70% son factibles para la desinfección por radiación, así mismo, asegura que se requiere una dosis de aproximadamente 1500 J/m² o 150mJ/cm² para obtener una calidad de efluente que cumpla las normativas de riego como 10 NMP/100ml, en el marco del beneficio técnico-económico alcanzando costos de 0.03-0.10 EUR/m³. Cabe mencionar, que los autores no encontraron información bibliográfica entre microalgas y su relación con la eficiencia de la

radiación ultravioleta; sin embargo, consideran al método de desinfección UV el más adecuado para efluentes de lagunas de estabilización.

Santos, B. T. & Souza, C. A. (2009) evaluaron un sistema de desinfección, en escala real, en la ETAR Sucuri, Cuiabá/MT/Brasil, para coliformes totales y *Escherichia Coli*. El efluente provenía de tratamiento anaerobio (UASB), seguido de tratamiento aerobio (ASBF). Los experimentos siguieron análisis fisicoquímicos para evaluar la influencia de los parámetros pH y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la eficiencia UV. El equipo de desinfección UV estaba compuesto por 5 lámparas reactores electrónicos correspondientes de 75W y 220V, y cámaras de contacto de la luz con el agua, realizaron la limpieza de lámparas cada 1 a 3 meses, para remover deposiciones y se hizo con un paño de algodón limpio embebido en alcohol. La radiación UV tuvo como longitud de onda específica de 254 nm, y el tiempo de contacto de la radiación ultravioleta con el efluente según el fabricante, fue de 5 segundo aproximadamente. Los valores medios de concentración de coliformes antes y después del tratamiento UV fueron: Coliformes totales (NMP/100mL), 6.10^7 antes de la desinfección y 1.10^6 post desinfección. Para *E. coli* (NMP/100mL), 1.10^7 antes de la desinfección y 2.10^6 luego del tratamiento UV. Los resultados de esta investigación mostraron deficiencias en el proceso de inactivación para coliformes, ya que solo se logró remover 1 unidad logarítmica de remoción para cada uno, el pH se mantuvo en la media 7,5. En cuanto a los SST, el sistema presento 52% de eficiencia de remoción, este último es uno de los factores que causan deficiencias en el sistema. A pesar de las interferencias entre la radiación UV y las bacterias, incluso en condiciones desfavorables de SST, los resultados mostraron la viabilidad sobre el uso de este método en sistemas de tratamientos reales.

Nelson, K. (2000) Evaluó la tecnología de desinfección con luz ultravioleta en estanques de estabilización, concluyendo así que el impacto producido por algas y sólidos suspendidos no es un factor determinante que evita la eliminación de los coliformes fecales. Aseverando que el principal factor el cual impide que la radiación penetre al ADN de las

bacterias es la cantidad de bacterias asociadas a las partículas en suspensión. Así mismo, el autor añade que el sistema UV puede llegar a reducir hasta una concentración menor a 10 NMP/100ml de coliformes, cuya dosis de radiación UV debe ser moderada y calculada de tal forma que inactive patógenos sin destruir la pared celular de las microalgas, ya que esto causa que las algas pierdan la motilidad (movimiento) y con el tiempo precipiten. Finalmente, esta investigación exhorta la utilización de la radiación UV por su eficiencia y bajo costo en relación con otras tecnologías de desinfección; hasta esa fecha países como Canadá e Inglaterra disponían alrededor de 100 sistemas de desinfección UV para efluentes de estanque de estabilización. En algunos casos los costos de implementación de desinfección UV es menos costoso a comparación de la cloración, específicamente para caudales de diseño en el rango de [43.8 – 4380 Lps].

Alves, C. V. et al. (2012) investigó una alternativa de desinfección para las aguas residuales urbanas en países que no disponen de área para construir lagunas terciarias y de maduración. Por ello, implementó un sistema de desinfección UV a la salida del efluente de la laguna de estabilización de 40cm de profundidad. Utilizó 4 lámparas de G30T8 (Philips) de 30 W con potencia efectiva c/u de 8.3 W, un volumen de muestreo de 20.7L a ser irradiado en el reactor de 90cm de longitud. La muestra se sometió a 3 tiempos de exposición 45, 60 y 90seg cuya dosis de radiación oscilaba entre 16.9 y 31.3mW.s.cm⁻². Cabe mencionar que el efluente de la laguna de estabilización tenía como parámetros iniciales, concentración de sólidos entre 87 y 102 mg/L, valores medios de transmitancia entre 0.67 y 0.79, temperatura promedio entre 23.4°C y 25.9°C, concentración de coliformes promedios en el orden de 6 UND logarítmicas. A pesar de las altas concentración y valores antes mencionados, el equipo de desinfección logró remociones de hasta 3.4UND log para el tiempo de 90seg y una dosis empleada de 31.3mW.s.cm⁻², consiguiendo efluentes de 4.5×10^2 NMP/100ml, listos para riego según la normativa. Finalmente, los costos de operación y mantenimiento evaluados por los autores para el equipo de desinfección UV, se encuentran entre 3 a \$15 por habitante por año, ya que las

lámparas se sustituyen 2 veces al año y la limpieza se realiza diariamente a los tubos de cuarzo.

EL Hachemi et al., (2012). Afirma que en temporadas de verano se incrementa los valores de saturación de oxígeno en las lagunas debido a la fotosíntesis, no obstante, la floración de microalgas se incrementa causando un consumo masivo de CO₂ por lo que el pH comienza a elevarse. Valores cercanos a pH 9, incentivan la erradicación de los coliformes fecales y el aparecimiento de sustancias antibióticas. Adicionalmente, agrega que se observaron mejores resultados de reducción de coliformes en la laguna terciaria, debido a la poca profundidad de la laguna 1.25m, y el tiempo de retención. Durante épocas de invierno al disminuir la temperatura, causa que la actividad fotosintética ingrese a una fase retardante, por lo que la eliminación de coliformes se realiza en la laguna secundaria y a la vez se acompaña de reducción de materia orgánica, lo cual señala que existe una correlación entre estas variables.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Aguas Residuales Domésticas*

Las aguas residuales domésticas son todas las aguas servidas provenientes de las viviendas y edificaciones residenciales. Así mismo, las fluctuaciones en las características de las aguas residuales dependen de muchas variables, como el nivel socioeconómico de la población, las condiciones climáticas y otros factores intrínsecos de cada región, lo cual genera diferencias en la carga contaminante del agua residual. (Noriega-Pissani, 1999, p.38).

2.1.2 *Tren de tratamiento de aguas residuales domésticas*

Una vez captadas las aguas residuales domésticas, atraviesan una serie de unidades como el pretratamiento, donde se retienen los sólidos de mayor proporción, arenas, grasas y aceites, que puedan ocasionar un desgaste en los equipos o peor aún, obstrucciones parciales o totales en las siguientes unidades de tratamiento. (Mecalf & Eddy, 2003).

Una vez removido las partículas de mayor tamaño, el agua residual atraviesa el tratamiento primario, el cual consiste en remover los sólidos orgánicos e inorgánicos a través del proceso físico de la sedimentación, dejando así un remanente de aproximadamente el 75% y 50% de DBO₅. (Noriega-Pissani, 1999, p.149).

Como tratamiento secundario, se dispone de tecnologías de tratamiento diseñadas para eliminar y mitigar la concentración de sólidos suspendidos y compuestos orgánicos a través de procesos biológicos, una de ellas son las lagunas o estanques de estabilización. (Mecalf & Eddy, 2003).

2.1.3 Lagunas o Estanques de Estabilización

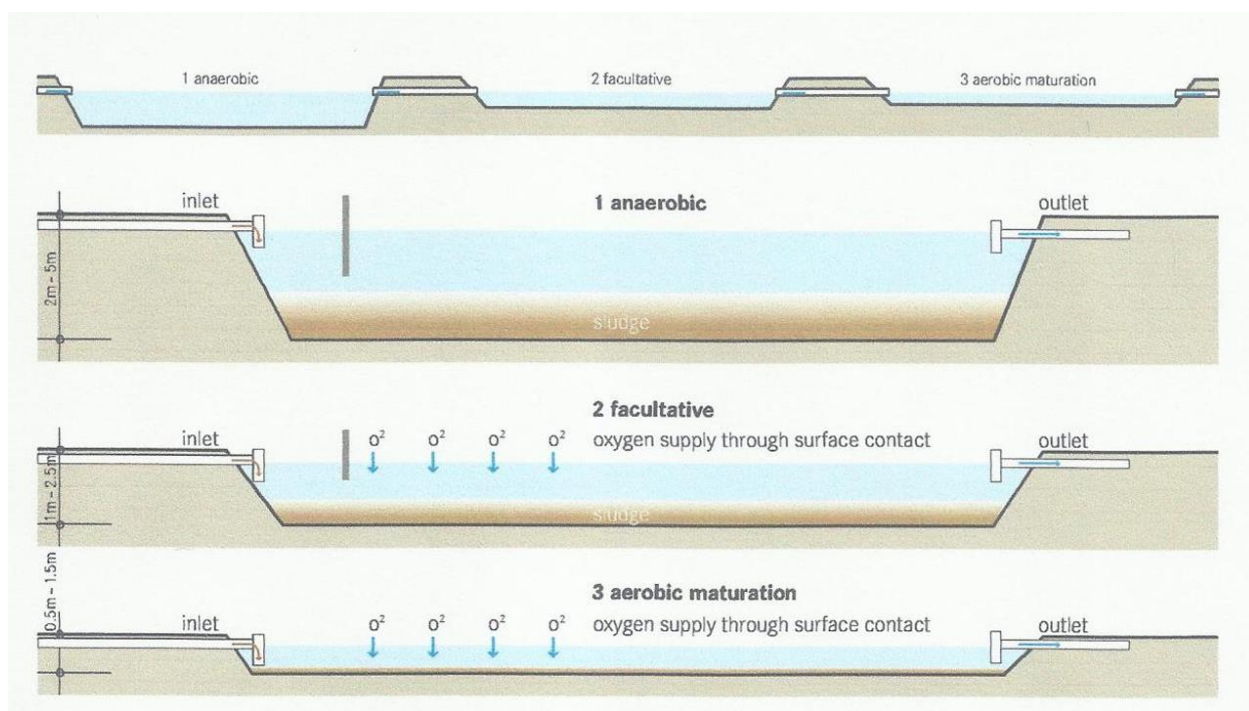
Este tipo de lagunas como su nombre lo indica, permiten estabilizar la materia orgánica a través de la simbiosis entre las microalgas y las bacterias, por otro lado, la laguna de maduración tiene como principal objetivo el remover carga microbiana patógena. (Gehling, 2017).

Los tipos de lagunas varían en función a su profundidad, y es donde ingresan a tallar las diferentes reacciones químicas y biológicas entre las especies de algas, bacterias, virus, protozoarios, hongos, helmintos, etc.

Entre las lagunas más relevantes según su proceso tenemos a la laguna anaerobia, laguna facultativa y la laguna de maduración.

Figura 1

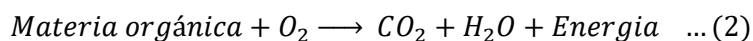
Profundidad de lagunas de estabilización



Nota: fuente (Gehling, 2017).

La interacción alga-bacteria es imprescindible para la conservación en la calidad del efluente tratado de las lagunas de estabilización, debido a las siguientes reacciones que se muestran en la ecuación 1 y en la ecuación 2:





Donde:

Ecuación 1: Ecuación de la Fotosíntesis

Ecuación 2: Ecuación de la Respiración Celular

Diversos estudios demostraron que la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en términos de unidades logarítmicas son elevadas, según los autores EL Hachemi et al., (2012), sostienen que, el tren de tratamiento de aguas residuales incorporando lagunas de estabilización remueven alrededor de 3.17 UND Log bajo temperaturas moderadas; sin embargo, en verano se obtiene eficiencias que bordean las 5 UND Log.

La eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en una laguna de estabilización varía de acuerdo con las características de diseño, así como también factores exógenos, tales como, profundidad de la laguna, nivel de radicación, temperatura y un aumento en la concentración de microalgas. (EL Hachemi et al., 2012).

2.1.4 Microalgas

Las microalgas se distinguen de los demás organismos diminutos o microscópicos debido a la presencia de sus pigmentos internos, conocidos como clorofila. Estos pigmentos pueden estar parcialmente ocultos o rodeados por otros pigmentos. Esta característica les permite realizar la fotosíntesis en presencia de luz, combinando agua y dióxido de carbono para producir almidón u otras sustancias similares, liberando oxígeno como resultado.

Las microalgas pueden alterar el pH, la alcalinidad, el color y la turbidez del agua. Durante el proceso de purificación natural, las algas contribuyen a la oxigenación del agua y aprovechan los subproductos de la depuración. Las algas verdes unicelulares de menor tamaño desempeñan un papel crucial en el mantenimiento del nivel apropiado de oxígeno disuelto en los estanques de estabilización.

Las microalgas pueden ser eucariotas o procariotas, entre las eucariotas se tienen a los de membrana citoplasmática definida, mientras que en las procariotas se tienen a las cianobacterias o algas verdeazuladas, los cuales no disponen de una estructura celular definida. (Chaparro-Rojas, 2017).

Las microalgas atraviesan por diferentes fases para su adaptación en respuesta a un cambio en el medio como pH, nutrientes, etc., lo que conlleva a su crecimiento o muerte en algunos casos. (Quispe-Quispe, 2023).

Se describen las siguientes fases:

Fase de Adaptación: En esta fase las células de las microalgas tratan de adaptarse a los nuevos cambios internos y exógenos del medio, ya sea por una disminución de nutrientes o cambios de pH.

Fase Exponencial: Una vez las microalgas se adaptan a la alteración del medio, estas atraviesan un crecimiento acelerado.

Fase estacionaria y de muerte: En la fase estacionaria el crecimiento de algas se y de muerte se equiparán, aquí la población algal se mantiene constante pasado un tiempo determinado en el cual comienzan a desvanecerse.

2.1.5 Desinfección por Luz UV

Este método de desinfección es muy utilizado hoy en día por las empresas públicas en EE. UU., tecnología que viene siendo respaldado debido a la no generación de subproductos químicos o genera bajos niveles. No obstante, este método se recomienda ser estudiado para cada caso en particular a escala piloto, ya que existe un potencial de reactivación de organismos luego de la exposición a la radiación UV, independientemente si la muestra de agua residual contiene altos solidos suspendidos o no. (Masschelein, W. 2002).

El organismo referente a nivel internacional Environmental Protection Agency (EPA, 1999), afirma que la concentración de coliformes teóricamente luego del tratamiento primario se encuentra entre 10^6 y 10^7 de coliformes, para la siguiente unidad como es el tratamiento secundario se predice concentraciones de 10^4 y 10^5 de coliformes, y

finalmente una concentración 10^3 coliformes por cada 100ml de muestra para el efluente del tratamiento terciario.

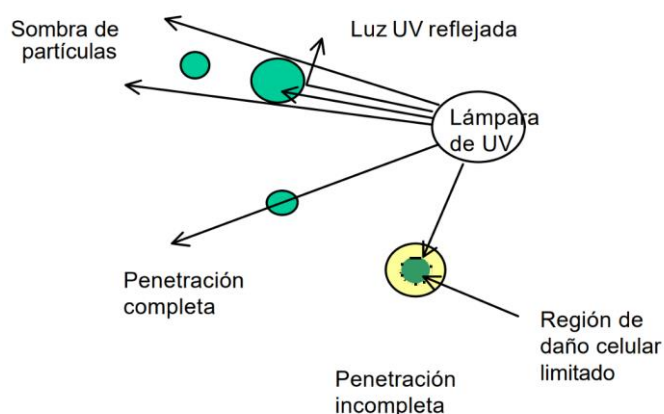
Las algas, bacterias, hongos, etc., y todos los microorganismos en la gran mayoría, al estar expuestos a la radiación UV-C, ingresan en una etapa de estrés oxidativo y fotoxidación, causando daños intracelulares en el aparato fotosintético, membrana celular, citoplasma, etc., tales como, daños a nivel molecular como la fragmentación del ADN y la degradación de proteínas. (Borderie, 2014).

Los parámetros fisicoquímicos que alteran y dificultan la eficiencia de desinfección por luz ultravioleta son las sustancias húmicas como el hierro y el manganeso, los sólidos suspendidos totales cumplen la función protectora y encubre a las bacterias, la dureza generar solubilidad den los metales y adherencia de los carbonatos alrededor de los tubos de cuarzo, el pH interviene en el grado de disolución de los metales y carbonatos en el agua. (EPA, 1999).

Líneas abajo se representa como las partículas (sólidos suspendidos, sustancias húmicas, algas, etc.) afectan la radiación ultravioleta.

Figura 2

Interferencia de partículas en la penetración de radiación UV-C



Nota: fuente (Beltrán y Jiménez, 2000)

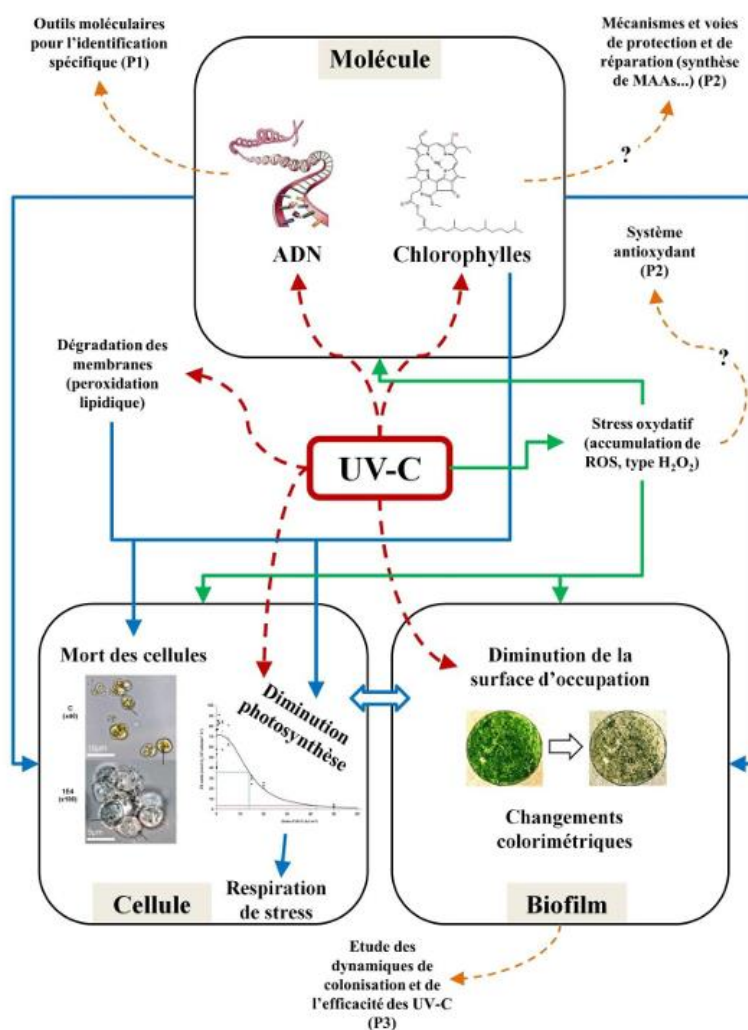
Según la empresa tecnológica pionera en la desinfección UV, señala una lista de ventajas que ofrece la radiación UV con respecto a la cloración, entre los más resaltantes tenemos que, el cloro genera subproductos, su agente oxidante es corrosivo, genera

residuos químicos, involucra un riesgo para la salud pública y no es efectivo para la remoción de las bacterias que generan infecciones estomacales como la Giardia Lambia y el Cryptosporidium. (Trojan Technologies, 2023).

Una gran parte de microalgas, específicamente de estructura celular definida (Eucariota), generan mayor resistencia a la radiación UV-C en comparación de las bacterias. No obstante, dicha propiedad de las microalgas eucariotas puede verse alteradas cuando la dosis de radiación UV-C a 254nm se incrementa, ocasionando motilidad, reducción del crecimiento de las algas incluso menor actividad fotosintética. (Arredondo & Voltolina, 2007).

Figura 3

Nocividad de la radiación UV-C en microalgas



Nota: fuente (Borderie, 2014).

En el diagrama se presenta resumidamente la nocividad de la radiación UV y como su exposición repercute directa o indirectamente en la composición y estructura celular.

Los daños automáticos que se producen cuando se expone radiación UV a las microalgas son los que indican las flechas rojas punteadas. Dicha síntesis de diagrama resalta el efecto cadena que causa la radiación UV. Las flechas verdes representan los efectos de estrés y finalmente las líneas azules nos muestra las relaciones de causa y efecto. (Borderie, 2014).

2.1.6 Potencial Zeta

Esta propiedad intensiva de las partículas y seres vivos está estrechamente relacionada con las fuerzas de repulsión eléctricas y las fuerzas de atracción (Fuerzas de Van Der Waals). Usualmente las partículas presentan una capa electrostática negativa, mientras que las microalgas y bacterias, presentan de igual un potencial zeta negativo lo cual conlleva a una repulsión entre ambos, impidiendo así la adhesión entre ambos. Dicho fenómeno se ve alterado cuando el medio acuoso en el que se encuentran varía de pH; para medios con pH ácido predominan las fuerzas de London, cuya predominancia sería la adherencia de la bacteria a la partícula debido a que presentan cargas opuestas, por otro lado, un pH básico, predominan las fuerzas de repulsión eléctricas. (González, et al.)

La laguna de estabilización al poseer mayormente pH básico, la interacción entre bacteria y microalga es de repulsión; sin embargo, también pueden adherirse entre sí pese a tener cargas negativas, entre ellos están:

- ✓ Producción de Exopolisacáridos (EPS): Las microalgas al estar sometidas a pH elevados y/o nutrientes escasos, pueden secretar sustancias pegajosas de tal forma que atrapan a las bacterias, como es el caso de la microalga *Phacus Pusillum*.
- ✓ Sales y Iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ disueltas: Los cationes de carga positiva pueden en las aguas residuales generar puentes iónicos comprimiendo la doble capa eléctrica, de modo que facilite la adsorción de la bacteria a la microalga.

2.1.7 Conductividad Eléctrica

Este parámetro nos muestra la cantidad de sales disueltas y iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} (en mayor medida), están presentes en el agua residual. Dichas sales permiten el paso fluido de la corriente a través del medio acuoso.

La conductividad que presenta la laguna de estabilización no necesariamente se debe a estos iones, sino que también presentan aniones como los cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos y fosfatos. La elevada conductividad eléctrica en lagunas de estabilización es un indicador de presencia de iones que coadyuvan a la floculación de partículas, microalgas y bacterias, posteriormente sedimentan por su peso y eliminándose durante la purga de lodos.

2.2 Marco conceptual

- a) Transmitancia: Es la cantidad de luz ultravioleta expresada en fotones, que logra a travesar una muestra de agua. Esta cantidad energía atravesada depende de la calidad del agua, entre los compuestos mas relevantes se encuentran los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos y las sustancias húmicas. (Rossel et al. 2020).
- b) Sólidos Suspendidos Totales: Son todas las partículas que no se filtran luego de atravesar el filtro de fibra de vidrio de porosidad entre 0.45 y 1.0 micra, se le atribuye la causa de la turbiedad en las aguas residuales y su impacto negativo en la eficiencia de desinfección por luz ultravioleta. (Cartagena & Malo, 2017).
- c) Coliformes termotolerantes: Son un grupo de bacterias gram negativas denominadas también coliformes fecales, entre ellos la Escherichia Coli. Se le denomina termotolerantes debido a su capacidad de resistir altas temperaturas y son capaces de fermentar la lactosa generando gas bajo una temperatura de 44.5°C luego de 24hrs aproximadamente. (Anyosa, 2019).

- d) Fotosíntesis: Proceso en el cual las microalgas a través de su pigmentación captan la energía luminosa en el rango de 400 a 700nm de longitud de onda, para transformarlo en energía química, generando O₂. (Henriquez, 2018).
- e) Cianobacteria: También llamado alga verde azulada, no presentan un núcleo definido, su presencia aumenta cuando el medio contiene alta concentración de nutrientes como lo son las aguas residuales. (Cartajena et al. 2020).
- f) Clorofila: Tipo de sustancia pigmentosa en microalgas que se encarga de captar la energía luminosa, se dividen en clorofila a, b y c, como análogo tiene al carotenoide, ambos cumplen la función de absorber la luz como sistema de fotoprotección. (Henriquez, 2018).
- g) ADN: Molécula que se sitúa en el interior de las células el cual contiene el material genético de los seres vivos; cuando se ve afectado producto de la radiación UV, se produce la dimerización imposibilitando su reproducción y movilidad. (Ordoñez, 2021).
- h) Laguna de Estabilización: Su función es remover materia orgánica y otras remueven patógenos, así mismo, al utilizar mecanismos naturales de bajo costo de operación y mantenimiento, hace atractivo su implementación en países en vías de desarrollo que disponen de áreas considerables de terreno. (Gehling, 2017).

2.3 Marco Legal

2.3.1 *Límites Máximos Permisibles (LMP)*

Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, establece parámetros de calidad para los efluentes de las PTAR.

2.3.2 *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*

Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, establece parámetros de calidad mínimos según la categoría del tipo de agua a reusar.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Ubicación del Proyecto de Investigación

El desarrollo experimental de esta investigación tuvo como origen las instalaciones del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos, por sus siglas CITRAR-FIA-UNI, cuya ubicación se encuentra referenciado a la altura de la puerta N°7 de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Figura 4

Ubicación del módulo de investigación



Nota: fuente Google Maps

3.2 Periodo de Investigación

La presente investigación denominada “Efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI”, tuvo como génesis los laboratorios de la Universidad Católica Sedes Sapientiae – UCSS el 24 de abril de 2024 (periodo de

arranque), y se culminó la tesis a nivel experimental en el CITRAR-FIA-UNI y el LIA, a términos del mes de enero del 2025; teniendo así un periodo de 9 meses.

3.3 Afluente del sistema de desinfección UV-C

El afluente del sistema de desinfección UV-C a escala piloto, fue el efluente una mezcla compuesta del efluente de la laguna facultativa, cuyo efluente consta de 4 vertederos, por lo que se extrajo 5.0L de muestra por cada efluente, teniendo así 20L de una muestra de mayor homogeneidad. Esta laguna presenta unas dimensiones de 100m de largo, 50m de ancho y entre 2.5m de profundidad considerando la altura de lodos.

3.4 Sistema de desinfección UV-C

3.4.1 Descripción del reactor

Se construyó un reactor cuadrangular de acero inoxidable de espesor y calidad 304, con las siguientes dimensiones, 100cm de largo, 27.5cm de ancho y 20cm de alto. Este reactor contó con 3 o-ring de plástico el cual presiona y enrosca el tubo de cuarzo evitando la fuga de agua, así mismo, se fabricó una tapa con doble asa para el cierre hermético durante el encendido de la luz ultravioleta.

Se colocaron 3 tubos de cuarzo de 90.90cm de longitud y 2.54cm de diámetro a 2.5cm de distancia con respecto a la base del reactor y se apoyaron en soportes de metal fijos y soldados a la base, a su vez cintillos presionan cada tubo de cuarzo a los soportes.

Una vez logrado la fijación de los tubos de cuarzo a las medidas que se necesitaba, se introdujeron en cada tubo de cuarzo, lámparas de vapor de mercurio a baja presión del modelo Philips 30W 1SL/25, otorgando 30W de potencia nominal c/u; sin embargo, bajo la longitud de onda de 254nm del espectro no visible de radiación UV-C, cada lámpara otorga solo 12W.

Las lámparas fueron conectadas a balastros con arrancadores mecánicos exclusivos de cada lámpara y a su vez a un estabilizador de corriente en caso haya caídos o picos de tensión.

Figura 5

Isométrico del Sistema UV-C

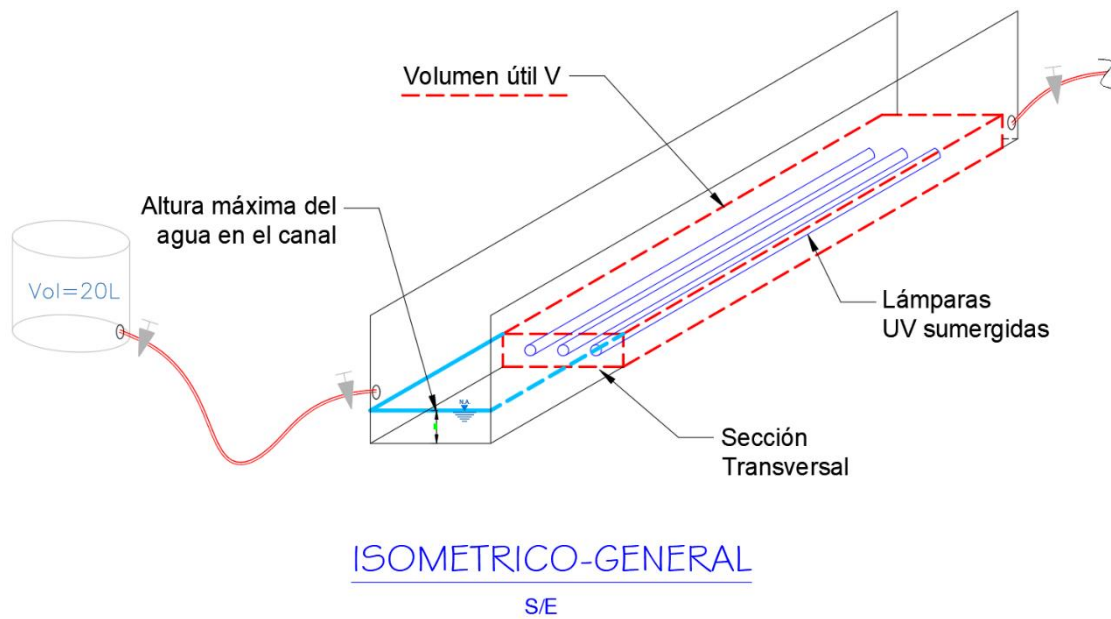


Figura 6

Disposición de lámparas ultravioleta

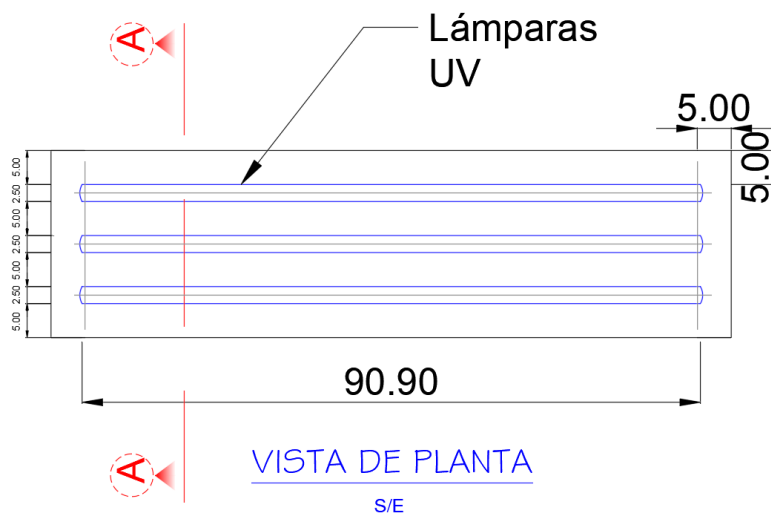
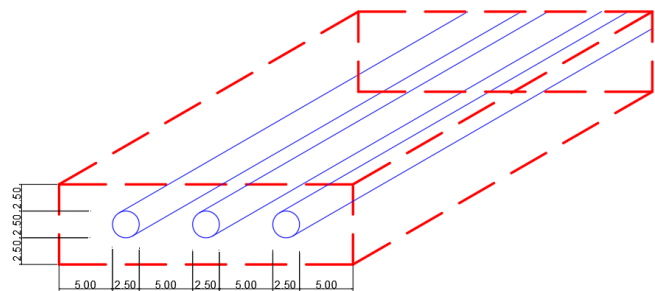


Figura 7

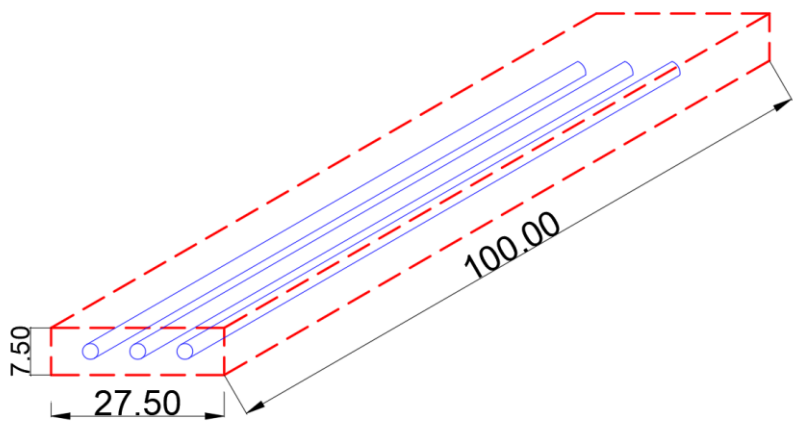
Sección útil del reactor UV-C rectangular



SECCION A-A
S/E

Figura 8

Corte del reactor UV-C rectangular



ISOMETRICO-VISTA DE PLANTA
S/E

Figura 9

Distribución de lámparas UV-C



Figura 10

Reactor UV-C encendido



3.5 Mecanismo de Desinfección del Sistema UV-C

La investigación se efectuó a escala de laboratorio, consistente en la obtención de muestras de agua residual del efluente proveniente de la laguna facultativa de CITRAR-UNI. Estas muestras se diluyeron con agua destilada para alcanzar el grado de disolución deseado, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%. Sin embargo, cada volumen de la solución resultante se sometió al proceso de desinfección mediante radiación UV. La muestra se expuso durante 3 tiempos de exposición establecidos y cuya dosis de radiación UV-C era variable. Posteriormente, se analizó el efluente ya desinfectado, para determinar la concentración de coliformes termotolerantes. Así mismo, se realizó el conteo de algas a través de un microscopio por el método de Neubauer o Hematocitómetro, con la finalidad de determinar la concentración de algas para cada disolución.

Por cada disolución se midieron los parámetros fisicoquímicos antes de la disolución, después de la disolución y posterior a la desinfección.

Los tiempos de exposición fueron de 60seg (1min), 90seg (1.5min) y 120seg (2min), bajo una potencia total de 90W proporcionada por las 3 lámparas sumergidas ubicadas en paralelo, pero bajo dosis de radiación variable. Así mismo, la longitud de onda es calibrada fue de 254nm, una longitud de lámpara de 90,9cm y 1" de diámetro.

3.6 Frecuencia de monitoreo

Se tomó una muestra compuesta en el efluente de la laguna facultativa, 5L por cada vertedero de salida, dando así un total de 20L. Las tomas de muestra se realizaban los martes y jueves de cada semana durante 5 meses aproximadamente.

Para cada prueba, se determinó las condiciones iniciales de la muestra tales como: Concentración de Coliformes Termotolerantes, Concentración de Microalgas, Taxonomía de Algas, pH, Temperatura del agua, Oxígeno Disuelto, Transparencia, Sólidos Suspendidos Totales, Absorbancia, Transmitancia. Luego de la dilución se midió nuevamente todos los parámetros antes mencionados y post desinfección de igual forma.

Tabla 1*Ensayos experimentales*

N° Pruebas	Medición de parámetros F-Q y Microbiológico	Grado de disoluciones de muestra [%]	Tiempo de Exposición UV-C [seg]
Prueba I	Blanco, antes y después de la desinfección	Efluente de la laguna (0%)	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba II	Blanco, Disolución, Desinfección	10%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba III	Blanco, Disolución, Desinfección	20%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba IV	Blanco, Disolución, Desinfección	30%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba V	Blanco, Disolución, Desinfección	40%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba VI	Blanco, Disolución, Desinfección	50%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba VII	Blanco, Disolución, Desinfección	60%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba VIII	Blanco, Disolución, Desinfección	70%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba IX	Blanco, Disolución, Desinfección	80%	60 seg
			90 seg
			120 seg
Prueba X	Blanco, Disolución, Desinfección	90%	60 seg
			90 seg
			120 seg

3.7 Dosis UV-C de Inactivación de patógenos

1. Características de Lámparas

Diámetro: 1" o 0.0254m

Longitud: 90.90cm o 0.909m

Área transversal: 0.0005067m²

Volumen de cada lámpara: 0.0004606m³

2. Características de Reactor

Ancho: 0.275m

Largo: 1.0m

Alto: 0.075m

Área transversal: 0.275m²

Volumen Total: 0.020625m³

3. Volumen útil del reactor

$$Volumen \text{ Útil} = Volumen \text{ Total} - 3 * Volumen \text{ C/lámpara}$$

$$Volumen \text{ Útil} = 0.0004606m^3 - 3 * 0.0004606m^3$$

$$Volumen \text{ Útil} = 0.0192432m^3$$

$$Volumen \text{ Útil} = 192.43209cm^3 = 19.243209L$$

4. Área Media Irradiada

Área de la pared interna del reactor en contacto con el líquido

$$Ai_{reactor} = 0.46625m^2$$

Área exterior de las lámparas en contacto con el líquido

$$Ae_{lámparas} = 0.217604m^2$$

$$Ae_{lámparas} = 2176.0493cm^2$$

Área Media Irradiada

$$Am_{irradiada} = \frac{Ai_{reactor} + Ae_{lámparas}}{2}$$

$$Am_{irradiada} = 0.3419m^2 = 3419.2746cm^2$$

5. Espesor de la capa Líquida (X)

$$X = \frac{\text{Volumen de reactor útil}}{A m_{\text{irradiada}}} = \frac{192.43209 \text{ cm}^3}{4794.2746 \text{ cm}^2} = 5.6278 \text{ cm}$$

6. Potencia efectiva de radiación UV (Ver ficha técnica en Anexo)

$$Pot_{\text{efectiva}} = Potencia_{\text{nominal}} * \text{rendimiento} = 30 * 0.40 = 12W$$

$$Pot_{\text{efectiva total}} = 3 * 12W = 36W$$

7. Intensidad de la fuente UV

$$I_o = \frac{Pot_{\text{efectiva}}}{A_{\text{lámpara}}} = \frac{36W}{2176.0493 \text{ cm}^2} = 0.0165437 \frac{W}{\text{cm}^2}$$

8. Ley de Chick-Watson

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt}$$

$$\text{Log} \left(\frac{N}{N_0} \right) = -k * t * \log(e)$$

$$-\text{Log} \left(\frac{N}{N_0} \right) = k * \log(e) * t$$

$$-\text{Log} \left(\frac{N}{N_0} \right) = \frac{k}{2.302585} * t$$

$$\frac{1}{\text{Log}(e)} = 2.302585$$

9. Coeficiente de absorbancia

$$\alpha = \frac{1}{\text{Log}(e)} * A = 2.302585 * A$$

$$\alpha = 2.302585 * A$$

10. Intensidad a través de la capa de agua

$$I = I_0 * e^{-\alpha x}$$

$$I = 0.0165 * e^{-\alpha * 0.040}$$

11. Dosis de Inactivación

$$D = I * t$$

Donde:

D = Dosis expresado en mW.s/cm² o mJ/cm²

I = Intensidad de radiación UV, expresado en W/cm^2

t = Tiempo de contacto o exposición a la radiación UV, expresado en segundos.

3.8 Parámetros Fisicoquímicos

3.8.1 *Potencial de Hidrogeno*

La medición de pH se realizó in situ en las instalaciones del CITRAR-FIA-UNI, para lo cual se hizo uso del equipo portátil HACH HQ11d, otorgándonos valores por encima de 7 a lo largo del desarrollo de la investigación.

3.8.2 *Temperatura del agua*

Este parámetro fundamental para una correcta caracterización y comprender el comportamiento de las algas y microorganismo, tuvo como origen de medición en el laboratorio del CITRAR-FIA-UNI, para el cual se hizo uso del multiparámetro HQ 40d.

3.8.3 *Oxígeno Disuelto*

El Oxígeno Disuelto nos proporcionó información base sobre la calidad de efluente de la laguna facultativa y la actividad microalgal dentro de la laguna. La medición se efectuó con el multiparámetro HQ 40d.

3.8.4 *Transparencia de laguna*

El grado de transparencia de la laguna de estabilización indica la presencia de sólidos suspendidos, concentración de algas y otras partículas que inciden en la transparencia del agua. Para ello se utilizó el disco de 18cm de diámetro, de color negro y blanco, denominado también como disco Secchi.

3.8.5 *Absorbancia*

Para la medición de la Absorbancia se empleó el equipo espectrofotómetro ubicado en el LIA-FIA-UNI, para ello se utilizó la celda de cuarzo, el cual la muestra de agua dentro de la celda es atravesado por una luz con longitud de onda programada a 254nm (Luz Ultravioleta), y la cantidad de luz absorbida por la muestra de agua es equivalente a la absorbancia.

3.8.6 Transmittancia

La Transmittancia al igual que la Absorbancia se midió con el equipo espectrofotómetro, teóricamente también puede calcularse como la inversa del logaritmo de la Absorbancia. En consecuencia, es la cantidad de luz que logra a travasar la muestra de agua.

3.8.7 Sólidos Suspendidos Totales

Este parámetro es crucial cuando se evalúa la desinfección por rayos UV, debido a que la naturaleza de las bacterias al someterse a radiación, estos se camuflan y se asocian a las paredes de las partículas sólidas, de esta forma se esconden de los rayos UV-C. No obstante, la cantidad de solidos en gran medida lo determinan las microalgas en una laguna de estabilización.

- ✓ Para la medición de los sólidos suspendidos totales se empleó lo siguiente:
- ✓ Equipos y materiales
- ✓ Crisoles
- ✓ Paquete de filtros de 1um de diámetro de porosidad.
- ✓ Balanza Analítica Digital de 4 decimales.
- ✓ Estufa (106°C)
- ✓ Desecador con Sílica Gel
- ✓ Pinza metálica esterilizada para filtro
- ✓ Probeta o vaso precipitado de 100ml
- ✓ Tenaza para crisoles
- ✓ Bomba de Vacío

Procedimiento de medición

- 1) Rotular los crisoles con los nombres para cada ensayo, para este caso en particular, se rotulo 3 crisoles, con los nombres de Blanco, Dilución y Post Desinfección.
- 2) Saturar los 3 filtros con agua destilada con ayuda de la bomba de vacío, para luego colocarlos en la estufa durante 1hr a 106°C.

- 3) Se retira los filtros con las tenazas y se colocan cuidadosamente en el desecador, donde se espera alrededor de 1hr para que seque.
- 4) Una vez seco los filtros, se procede a pesar en la balanza analítica y tomamos nota del peso inicial W1 de cada filtro saturado.
- 5) Luego colocamos cada muestra de agua contaminada (100ml) para cada filtro según corresponda, y lo hacemos saturar en la bomba de vacío.
- 6) Una vez saturado los filtros, se colocan cada filtro en su respectivo crisol rotulado, para luego llevarlo a la estufa durante 1hr a 106°C.
- 7) Retiramos los crisoles de la estufa y los colocamos en el desecador durante 1hr hasta que quede seco.
- 8) Pesamos cada filtro y anotamos su nuevo peso W2 el cual debe ser mayor que el inicial W1.
- 9) Hacemos una diferencia de pesos W2-W1, y lo dividimos entre el volumen filtrado de muestra de agua (100mL), y obtenemos la concentración de SST en mg/L.

3.9 Parámetros Microbiológicos

3.9.1 Coliformes Termotolerantes

Se encuentra dentro de los coliformes fecales, uno de los más comunes que causa las infecciones estomacales en seres humanos es la *Escherichia Coli*.

El método de medición se basó en el libro *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, para ello se emplearon los siguientes materiales.

- ✓ Gradilla plástica de 16ml y 14ml
- ✓ Tubos de ensayo c/tapa de 16 y 18
- ✓ Vasos de muestreo de 100 y 250mL
- ✓ Pipeteador (pera)
- ✓ Erlenmeyer de 250mL
- ✓ Mechero de Ron
- ✓ Pipeta de 10mL

- ✓ Micropipeta de 1mL
- ✓ Canastilla metálica
- ✓ Tubos Durham
- ✓ Vaso precipitado de 50 mL, 100 mL, 150mL, 1L y 2L.
- ✓ Baño María 44.5°C
- ✓ Estufa 180°C
- ✓ Incubadora 37°C
- ✓ Autoclave

3.9.2 Concentración de Microalgas

La concentración de microalgas se puede medir de diversos modos, entre los más destacados, por el método de clorofila A, con la cámara de recuento celda Sedgwick-Rafter y el método común más utilizado a nivel mundial, es el Hematocitómetro de la Cámara Neubauer.

Figura 11

Consideraciones para el recuento celular por tipo de cámaras

Nombre	Volumen (μL)	Profundidad (mm)	Área (mm ²)	Objetivos	Tamaño celular (μm)	cél/mL
Petroff Hauser	0.2	0.02	10	40 - 100	0.5 - 5	10 ⁶ - 10 ⁸
Speirs Levy	0.4	0.2	2	10 - 20	5 - 75	10 ⁴ - 10 ⁶
Hematocitómetro (Neubauer)	0.9	0.1	9	20 - 40	2 - 30	10 ⁴ - 10 ⁷
Hematocitómetro (Fuchs-Rosenthal)	3.2	0.2	16	10 - 20	5 - 75	10 ⁴ - 10 ⁶
Palmer Maloney	100	0.4	250	10 - 45	5 - 150	10 ² - 10 ⁵
Sedgwick-Rafter	1000	1	1000	2.5 - 10	50 - 500	30 - 10 ⁴

Nota: fuente (Arredondo & Voltolina, 2007).

Para usar este último método se dispuso de los siguientes materiales:

- ✓ Centrifugadora, Model 800D de 6 tubos
- ✓ Tubos de ensayo c/tapa de numero 13
- ✓ Contómetro Manual
- ✓ Gotero
- ✓ Alcohol de 70°C

- ✓ Papel Whatman
- ✓ Lámina Cubreobjeto
- ✓ Lámina Portaobjeto
- ✓ Gradilla metálica para 12 tubos de numero 13
- ✓ Micropipeteador Boeco mecánico de 100-1000uL
- ✓ Cámara Neubauer (Hematocitómetro)
- ✓ Vaso Precipitado de 50mL
- ✓ Microscopio Binocular Óptico Digital
- ✓ Oil of inmersión 100mL
- ✓ Tips para micropipeta de plástico

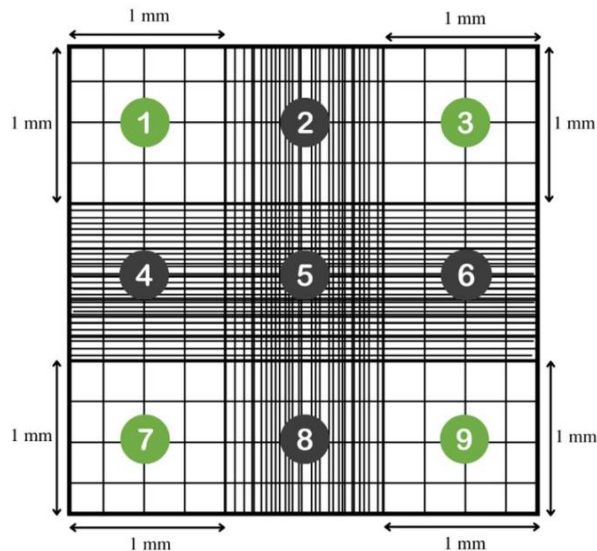
El método de medición se basó en la primera edición del libro “Métodos y Herramientas Analíticas en la evaluación de la Biomasa Microalgal p. 17”.

- 1) En primer lugar, las muestras de agua contaminada con algas permanecieron sin exposición a los rayos UV del sol, antes y durante la prueba de medición.
- 2) Si la muestra presentó un color verde predominante no fue necesario centrifugar, en caso la muestra extraída presentaba un color amarillento, se centrifugó y se quedó con el volumen precipitado.
- 3) Se extrajo 100ul de muestra con ayuda del micropipeteador mecánico, ya que es equivalente a 2 gotas y se aplicó al portaobjetos, encima de ello el cubreobjeto.
- 4) Se reguló el diafragma del microscopio para la luminosidad, y se acercó el objetivo de 40 para identificar la colonia de microalgas, luego se mejoró la nitidez con el objetivo 100 y finalmente contabilizar de forma sinuosa con el objetivo de 400 aplicando Lugol para fijar la muerte y reproducción de algas.
- 5) Para una mejor identificación y fotografía se utilizó el objetivo de 1000, añadiendo 2 gotas de aceite de inmersión.

- 6) Primero se contabilizó las microalgas de mayor tamaño dentro del rango de 15µm a más, siendo esta el promedio de la suma de los cuadrantes N°1, N°3, N°7 y N°9. Cabe mencionar que estos cuadrantes disponen de 16 cuadrículas internas, donde cada cuadrícula tiene por lado 0.25mm.
- 7) Luego se hizo la contabilización para las microalgas que bordean los diámetros menores a 10µm, entre ellas las cyanobacterias. Para ello se utilizó solo el cuadrante del N°5 que tienen 25 cuadrículas internas, donde cada cuadrícula mide de lado 0.05mm.

Figura 12

Divisiones de recuento de la Cámara Neubauer



Nota: fuente <https://cognitaconecta.com/curso/microalgas/>

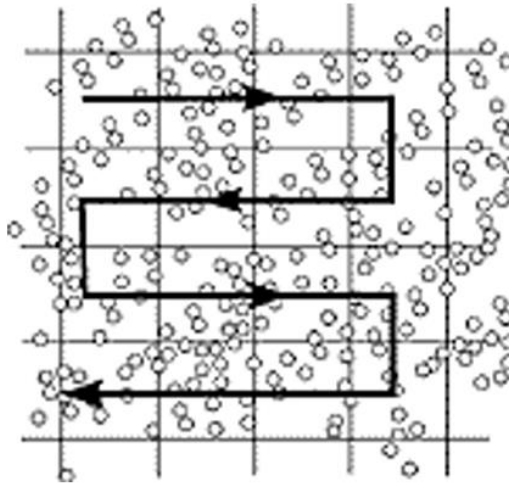
$$\text{Área} = 1\text{mm} * 1\text{mm} = 1\text{mm}^2$$

$$\text{Volumen} = 1\text{mm}^2 * 0.1\text{mm} = 0.1\text{mm}^3 = 1 * 10^{-4}\text{ml}$$

- 8) Se procedió a hacer la contabilización de las microalgas con ayuda del microscopio en la cámara Neubauer, haciendo un conteo en zigzag para así evitar confusión.

Figura 13

Método zigzag para conteo de microalgas de gran concentración celular.



Nota: fuente www.celeromics.com

- 9) Una vez que se realizó el conteo del número de células de microalgas por cada especie, utilizamos la siguiente fórmula para calcular la concentración celular.

$$\text{Concentracion Celular} \left(\frac{\text{cel}}{\text{ml}} \right) = \frac{N^{\circ} \text{ total de Células}}{N^{\circ} \text{ de Cuadrantes}} * 10^4$$

Cabe resaltar que, de la muestra de 20L, se extrajo para muestreo 150ml para el recuento de microalgas, de estos 150ml se extraen 6 tubos de ensayo con 5ml c/u. No obstante, cuando la muestra no está concentrada pasa por el proceso de centrifugado durante 15min a 3500RPM. Una vez centrifugado la muestra, queda depositado en el fondo del tubo aproximadamente 1ml de muestra concentrada, al que denominamos concentración C2.

Lo que se busca es la concentración inicial C1, para ello se aplicó el balance de biomasa.

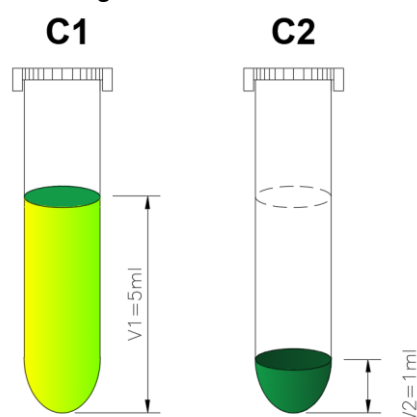
$$m1 = m2$$

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$C1 = \frac{C2 * V2}{V1}$$

Figura 14

Muestra compuesta Vs muestra centrifugada



Donde:

V1: Representa el volumen inicial de la muestra cruda sin centrifugar (ml).

V2: Representa el volumen útil de la muestra cruda centrifugada (ml).

C1: Concentración inicial de microalgas (Cel/ml).

C2: Concentración final de microalgas post centrifugación (Cel/ml).

Para los siguientes volúmenes fijos la expresión se reduce en lo siguiente:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$C1 * 5ml = C2 * 1ml$$

$$C1 = \frac{C2}{5}$$

Se hizo el recuento celular para ese volumen depositado en el fondo del tubo de ensayo (1ml), al que denominamos concentración C2, para luego obtener C1 mediante la fórmula simplificada líneas arriba.

De esta forma se extrapoló la concentración de microalga desde el volumen de muestreo (20L), hacia el volumen de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI.

3.10 Obtención de Resultados

3.10.1 Resultados Cuantitativos

Tabla 2*Resumen de resultados (parámetros físicos no visibles)*

Grado de Dilución	Tipo de Muestra	T°C	OD	PH
10%	BLANCO	20.46 ± 1.90	10.14 ± 8.54	8.88 ± 0.9
	DILUCION	20.43 ± 1.80	9.59 ± 6.52	8.83 ± 0.84
	60seg	18.60	2.50	7.93
	90seg	20.70	10.02	8.91
	120seg	22.60	13.75	9.72
20%	BLANCO	22 ± 1.18	9.5 ± 1.08	9.13 ± 0.34
	DILUCION	21.6 ± 1.08	9.37 ± 1.04	9.11 ± 0.38
	60seg	22.60	10.23	9.64
	90seg	22.00	9.46	8.93
	120seg	20.60	8.58	8.73
30%	BLANCO	21.7 ± 0.79	7.88 ± 1.00	8.38 ± 0.59
	DILUCION	21.53 ± 0.93	7.71 ± 1.06	8.38 ± 0.60
	60seg	21.00	8.83	8.71
	90seg	21.10	7.77	8.72
	120seg	22.50	6.61	7.72
40%	BLANCO	21.36 ± 0.60	6.85 ± 3.40	8.46 ± 0.77
	DILUCION	21.3 ± 0.35	8.4 ± 1.35	8.39 ± 0.81
	60seg	20.90	7.55	7.65
	90seg	21.70	9.25	9.24
	120seg	20.50	9.03	8.47
50%	BLANCO	22.73 ± 1.10	8.25 ± 1.35	8.83 ± 0.20
	DILUCION	22.36 ± 0.91	8.70 ± 0.57	8.75 ± 0.09
	60seg	21.60	8.52	8.89
	90seg	23.10	9.35	8.91
	120seg	22.10	8.48	8.60
60%	BLANCO	25.03 ± 2.64	8.75 ± 1.14	9.47 ± 0.64
	DILUCION	24.47 ± 2.41	8.99 ± 0.68	9.4 ± 0.67
	60seg	22.00	8.69	8.74
	90seg	25.60	8.62	9.95
	120seg	26.50	9.52	9.77
70%	BLANCO	24.73 ± 0.21	9.55 ± 0.43	9.38 ± 0.42
	DILUCION	24.47 ± 0.25	9.25 ± 0.74	9.38 ± 0.45
	60seg	24.70	9.13	9.00
	90seg	24.80	9.03	9.37
	120seg	24.60	9.92	9.73
80%	BLANCO	25.43 ± 0.23	9.3 ± 0.16	9.58 ± 0.32
	DILUCION	25.17 ± 0.21	9.13 ± 0.40	9.38 ± 0.11
	60seg	25.40	8.95	9.36
	90seg	25.50	9.40	9.62
	120seg	25.40	9.02	9.35

Grado de Dilución	Tipo de Muestra	T°C	OD	PH
90%	BLANCO	27.2 ± 0.36	9.2 ± 0.90	9.36 ± 0.29
	DILUCIÓN	27 ± 0.46	9.08 ± 0.95	9.33 ± 0.16
	60seg	26.60	10.18	9.10
	90seg	27.30	9.55	9.35
	120seg	27.60	7.96	9.61
0%	BLANCO	27.3 ± 0.17	8.68 ± 1.45	9.39 ± 0.02
	60seg	27.50	8.95	9.41
	90seg	28.10	6.85	9.35
	120seg	28.60	7.42	9.67

Tabla 3

Resumen de resultados (parámetros físicos visibles)

Grado de Dilución	Tipo de Muestra	Absorbancia	Transmitancia	Transparencia
10%	BLANCO	1.00 ± 0.21	10.84% ± 5.40%	9.67 ± 2.52
	DILUCION	0.90 ± 0.20	13.43% ± 6.30%	
	60seg	0.70	19.75%	
	90seg	0.97	10.82%	
	120seg	1.31	4.95%	
20%	BLANCO	0.83 ± 0.31	16.96% ± 9.50%	11.33 ± 2.08
	DILUCION	0.65 ± 0.27	24.97% ± 12.23%	
	60seg	1.00	9.95%	
	90seg	0.59	25.63%	
	120seg	0.73	18.79%	
30%	BLANCO	0.50 ± 0.09	32.18% ± 6.64%	6.66 ± 3.06
	DILUCION	0.34 ± 0.07	46.33% ± 7.41%	
	60seg	0.45	35.60%	
	90seg	0.29	50.77%	
	120seg	0.43	37.14%	
40%	BLANCO	0.62 ± 0.09	24.39% ± 4.80%	10.33 ± 2.52
	DILUCION	0.36 ± 0.05	43.51% ± 4.85%	
	60seg	0.30	50.42%	
	90seg	0.44	36.17%	
	120seg	0.43	37.51%	
50%	BLANCO	0.72 ± 0.11	19.29% ± 4.80%	8.66 ± 4.73
	DILUCION	0.34 ± 0.06	45.63% ± 5.73%	
	60seg	0.30	49.73%	
	90seg	0.36	44.08%	
	120seg	0.45	35.20%	

60%	BLANCO	0.71 ± 0.11	$19.86\% \pm 5.08\%$	8.33 ± 2.08
	DILUCION	0.30 ± 0.03	$50.42\% \pm 4.06\%$	
	60seg	0.33	46.33%	
	90seg	0.27	53.48%	
	120seg	0.33	47.32%	
70%	BLANCO	0.55 ± 0.04	$28.31\% \pm 2.71\%$	8.67 ± 1.53
	DILUCION	0.18 ± 0.06	$66.54\% \pm 8.16\%$	
	60seg	0.14	71.93%	
	90seg	0.22	60.94%	
	120seg	0.27	53.27%	
80%	BLANCO	0.74 ± 0.04	$18.16\% \pm 1.87\%$	11.00 ± 1.00
	DILUCION	0.30 ± 0.04	$49.76\% \pm 4.28\%$	
	60seg	0.32	47.40%	
	90seg	0.29	51.11%	
	120seg	0.34	45.54%	
90%	BLANCO	1.54 ± 0.14	$3.01\% \pm 1.03\%$	5.33 ± 0.58
	DILUCION	0.28 ± 0.08	$53.58\% \pm 9.91\%$	
	60seg	0.21	61.79%	
	90seg	0.30	49.98%	
	120seg	0.35	45.10%	
0%	BLANCO	1.62 ± 0.20	$2.57\% \pm 1.00\%$	3.67 ± 0.58
	60seg	1.02	9.56%	
	90seg	0.84	14.37%	
	120seg	1.29	5.16%	

Tabla 4*Variación de Microalgas Vs Remoción de Coliformes Termotolerantes*

Tiempo UV-C	Disolución	Afluente [N°cel Microalgas/1mm3]	Efluente [N°cel Microalgas/1mm3]	Remocion E. Coli Log [NMP/100ml]
60seg	10%	542	778	0.76
	20%	710	840	1.22
	30%	566	798	1.57
	40%	216	116	0.39
	50%	96	98	1.76
	60%	1032	434	1.79
	70%	88	96	1.79
	80%	228	214	1.51
	90%	256	180	1.78
	0%	698	572	1.56
90seg	10%	368	410	0.88
	20%	462	902	1.48
	30%	46	120	1.12
	40%	264	316	1.12
	50%	314	182	1.88
	60%	620	534	1.88
	70%	72	194	1.56
	80%	250	142	2.37
	90%	252	38	2.37
	0%	702	1034	2.56
120seg	10%	412	1644	0.36
	20%	338	1012	1.76
	30%	262	374	1.27
	40%	428	630	1.79
	50%	738	1438	1.92
	60%	374	412	1.09
	70%	148	412	1.20
	80%	176	242	1.67
	90%	218	30	2.12
	0%	1228	1254	2.12

Temperatura

La tabla 5 muestra los resultados variados de las temperaturas por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

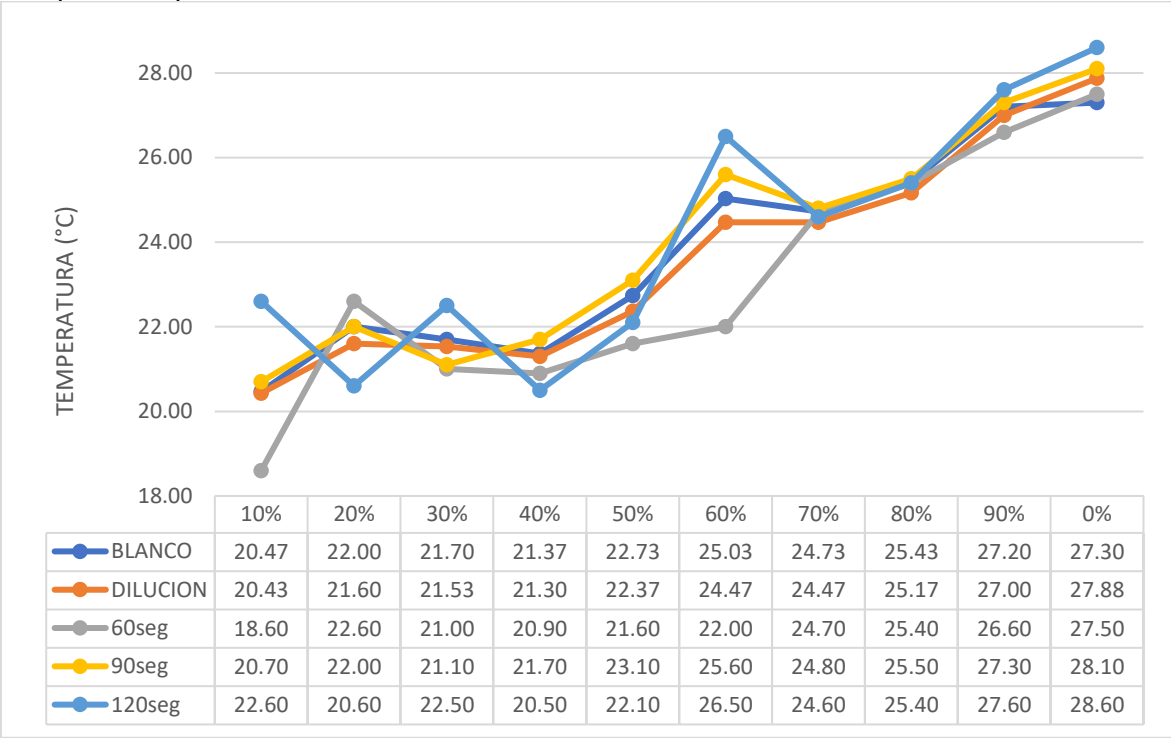
Tabla 5

Resultados de temperatura promedio y grado de disoluciones

TEMPERATURA (°C)					
	BLANCO	DILUCION	60seg	90seg	120seg
10%	20.47	20.43	18.60	20.70	22.60
20%	22.00	21.60	22.60	22.00	20.60
30%	21.70	21.53	21.00	21.10	22.50
40%	21.37	21.30	20.90	21.70	20.50
50%	22.73	22.37	21.60	23.10	22.10
60%	25.03	24.47	22.00	25.60	26.50
70%	24.73	24.47	24.70	24.80	24.60
80%	25.43	25.17	25.40	25.50	25.40
90%	27.20	27.00	26.60	27.30	27.60
0%	27.30	27.88	27.50	28.10	28.60

Figura 15

Temperatura promedio Vs Grado de Disoluciones



Potencial de Hidrógeno (pH)

La tabla 6 muestra los resultados de pH medidos por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

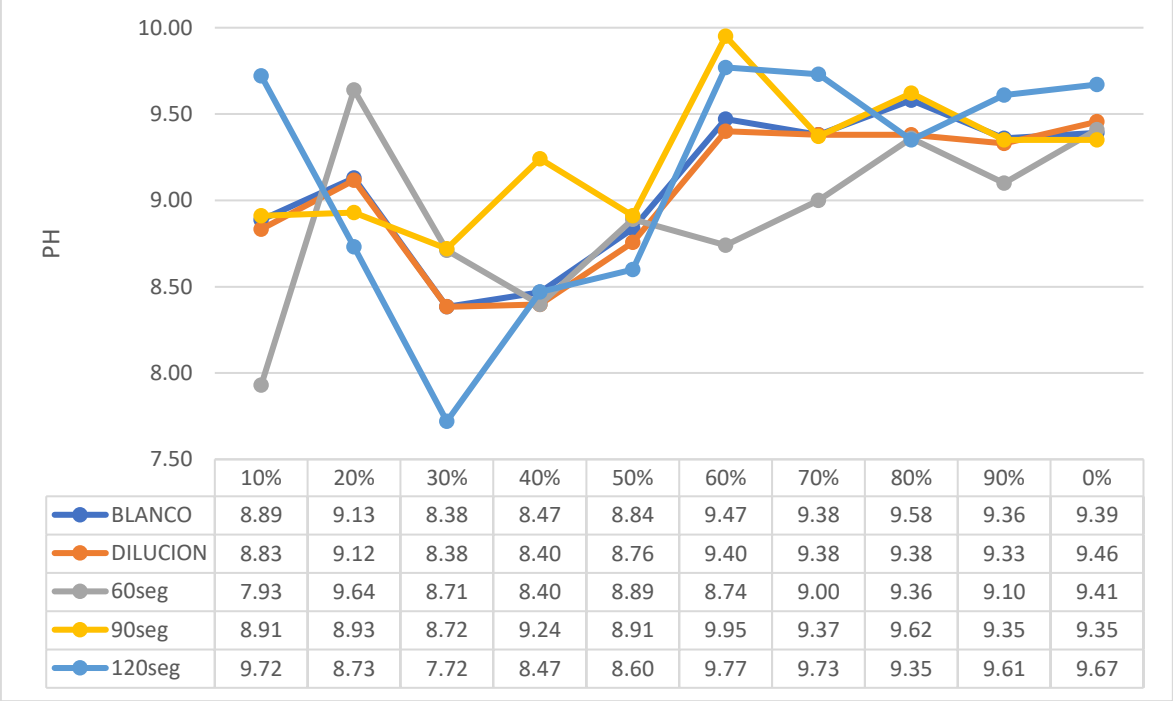
Tabla 6

Resultados de pH promedio y Grado de Disoluciones

POTENCIAL DE HIDROGENO					
	BLANCO	DILUCION	60seg	90seg	120seg
10%	8.89	8.83	7.93	8.91	9.72
20%	9.13	9.12	9.64	8.93	8.73
30%	8.38	8.38	8.71	8.72	7.72
40%	8.47	8.40	8.40	9.24	8.47
50%	8.84	8.76	8.89	8.91	8.60
60%	9.47	9.40	8.74	9.95	9.77
70%	9.38	9.38	9.00	9.37	9.73
80%	9.58	9.38	9.36	9.62	9.35
90%	9.36	9.33	9.10	9.35	9.61
0%	9.39	9.46	9.41	9.35	9.67

Figura 16

Potencial de Hidrógeno promedio Vs Grado de Disoluciones



Oxígeno Disuelto

La tabla 7 muestra los resultados medidos de Oxígeno Disuelto, por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

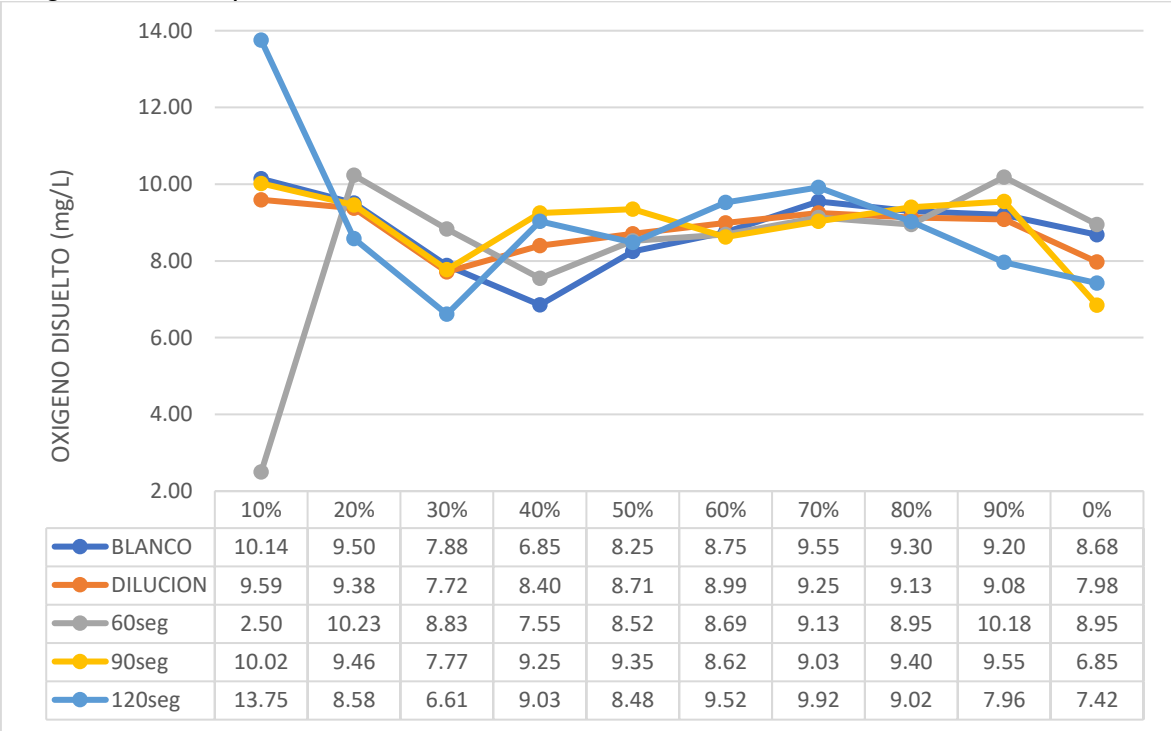
Tabla 7

Resultados de Oxígeno Disuelto promedio y Grado de Disoluciones

OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
	BLANCO	DILUCION	60seg	90seg	120seg
10%	10.14	9.59	2.50	10.02	13.75
20%	9.50	9.38	10.23	9.46	8.58
30%	7.88	7.72	8.83	7.77	6.61
40%	6.85	8.40	7.55	9.25	9.03
50%	8.25	8.71	8.52	9.35	8.48
60%	8.75	8.99	8.69	8.62	9.52
70%	9.55	9.25	9.13	9.03	9.92
80%	9.30	9.13	8.95	9.40	9.02
90%	9.20	9.08	10.18	9.55	7.96
0%	8.68	7.98	8.95	6.85	7.42

Figura 17

Oxígeno Disuelto promedio Vs Grado de Disoluciones



Absorbancia

La tabla 8 muestra los resultados de Absorbancia medidos en el espectrofotómetro, por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

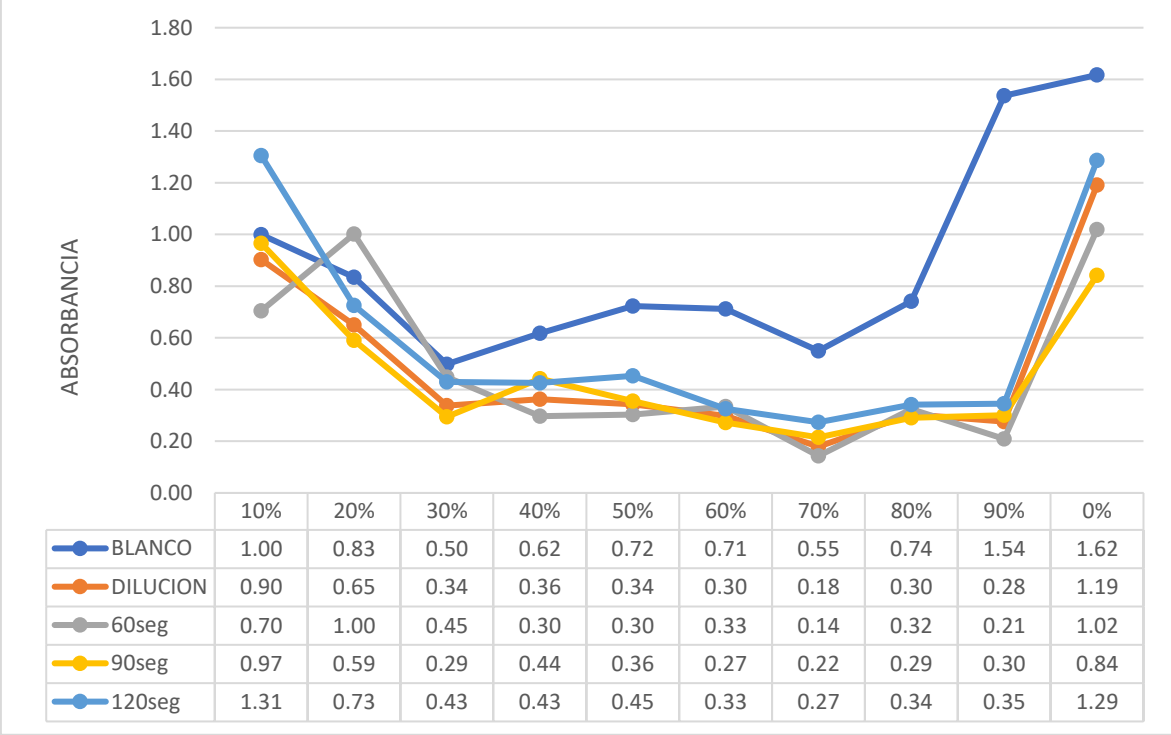
Tabla 8

Resultados de Absorbancia promedio y Grado de Disoluciones

	ABSORBANCIA				
	BLANCO	DILUCION	60seg	90seg	120seg
10%	1.00	0.90	0.70	0.97	1.31
20%	0.83	0.65	1.00	0.59	0.73
30%	0.50	0.34	0.45	0.29	0.43
40%	0.62	0.36	0.30	0.44	0.43
50%	0.72	0.34	0.30	0.36	0.45
60%	0.71	0.30	0.33	0.27	0.33
70%	0.55	0.18	0.14	0.22	0.27
80%	0.74	0.30	0.32	0.29	0.34
90%	1.54	0.28	0.21	0.30	0.35
0%	1.62	1.19	1.02	0.84	1.29

Figura 18

Absorbancia promedio Vs Grado de Disoluciones



Transmitancia

La tabla 9 muestra los resultados de Transmitancia medidos en el espectrofotómetro, por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

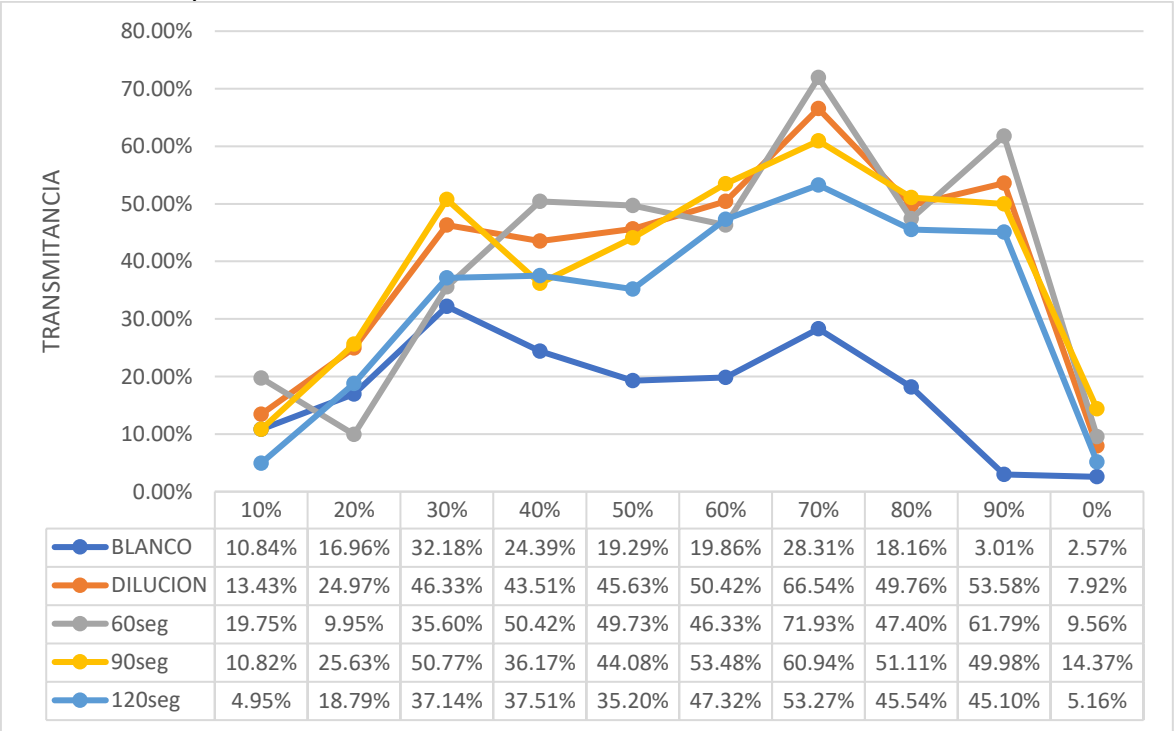
Tabla 9

Resultados de Transmitancia promedio y Grado de Disoluciones

TRANSMITANCIA					
	BLANCO	DILUCION	60seg	90seg	120seg
10%	10.84%	13.43%	19.75%	10.82%	4.95%
20%	16.96%	24.97%	9.95%	25.63%	18.79%
30%	32.18%	46.33%	35.60%	50.77%	37.14%
40%	24.39%	43.51%	50.42%	36.17%	37.51%
50%	19.29%	45.63%	49.73%	44.08%	35.20%
60%	19.86%	50.42%	46.33%	53.48%	47.32%
70%	28.31%	66.54%	71.93%	60.94%	53.27%
80%	18.16%	49.76%	47.40%	51.11%	45.54%
90%	3.01%	53.58%	61.79%	49.98%	45.10%
0%	2.57%	7.92%	9.56%	14.37%	5.16%

Figura 19

Transmitancia promedio Vs Grado de Disoluciones



Transparencia

La tabla 10 muestra los resultados de Transparencia medidos con el disco Secchi, por cada muestra, grado de disolución y tiempo de exposición a la radiación UV-C.

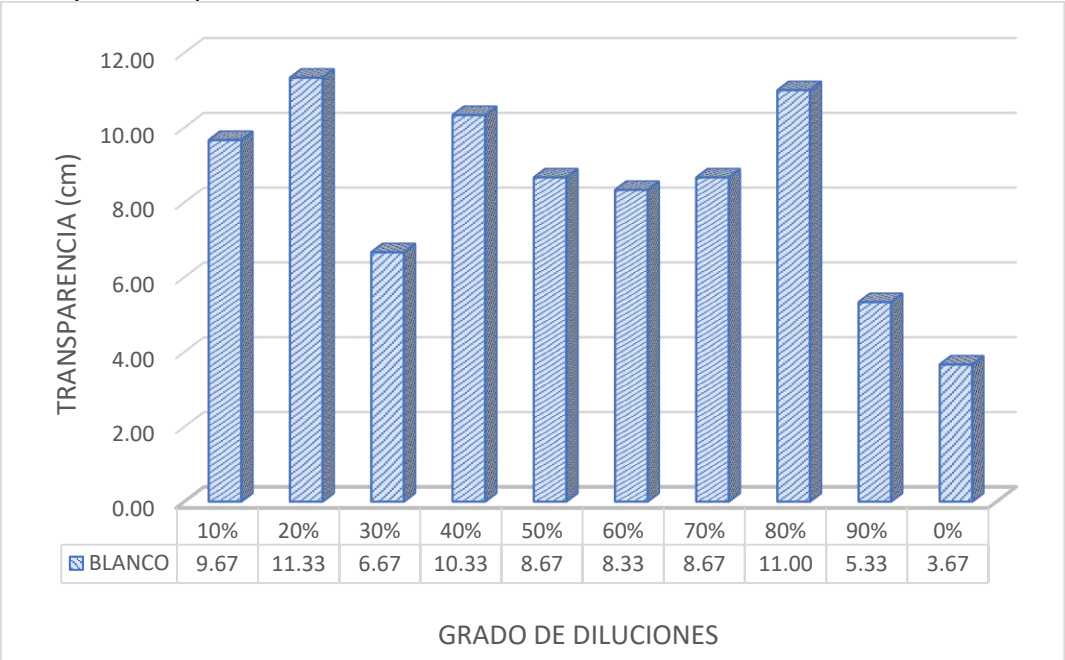
Tabla 10

Resultados de Transmitancia promedio y Grado de Disoluciones

RANGO DE TRANSPARENCIA	
Diluciones	BLANCO
10%	7.0 - 10.0
20%	9.0 - 12.0
30%	4.0 - 10.0
40%	8.0 - 13.0
50%	5.0 - 14.0
60%	6.0 - 10.0
70%	7.0 - 10.0
80%	10.0 - 12.0
90%	5.0 - 6.0
0%	3.0 - 4.0

Figura 20

Transparencia promedio Vs Grado de Disoluciones



Dosis UV-C

La tabla 11 muestra los resultados de Dosis calculados para cada disolución con su tiempo de exposición respectivo.

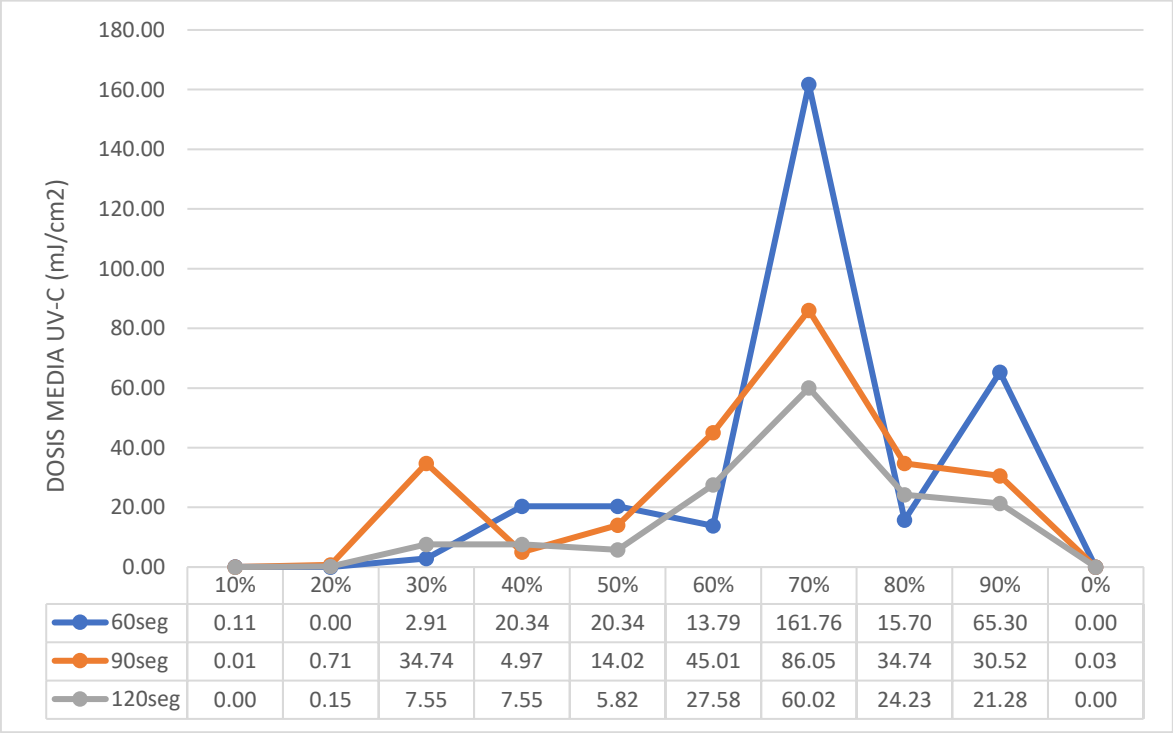
Tabla 11

Resultados de Dosis media y Grado de Disoluciones

DOSIS MEDIA UV-C (mJ/cm2)			
	60seg	90seg	120seg
10%	0.11	0.01	0.00
20%	0.00	0.71	0.15
30%	2.91	34.74	7.55
40%	20.34	4.97	7.55
50%	20.34	14.02	5.82
60%	13.79	45.01	27.58
70%	161.76	86.05	60.02
80%	15.70	34.74	24.23
90%	65.30	30.52	21.28
0%	0.00	0.03	0.00

Figura 21

Dosis media Vs Grado de Disoluciones



Coliformes Termotolerantes

La tabla 12 muestra los resultados de concentración de coliformes termotolerantes calculados para cada disolución con su tiempo de exposición respectivo.

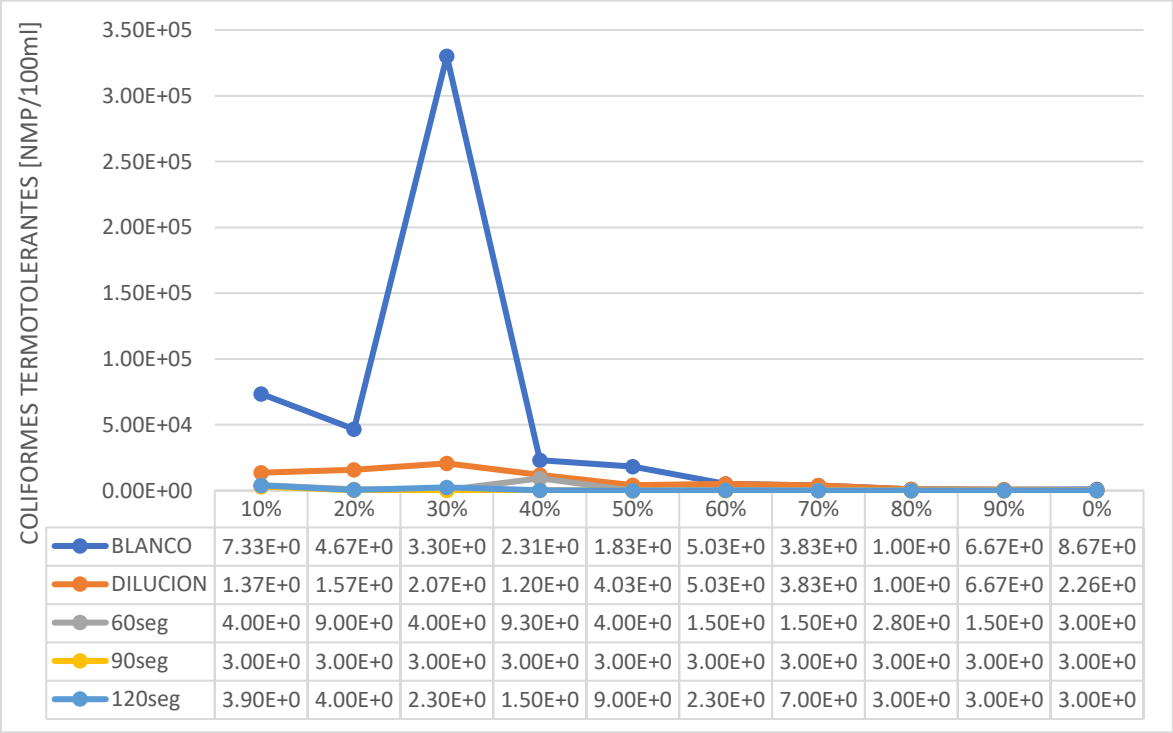
Tabla 12

Resultados de Coliformes Termotolerantes y Grado de Disoluciones

Coliformes Termotolerantes [NMP/100ml]					
	Blanco	Dilución	60seg	90seg	120seg
10%	7.33E+04	1.37E+04	4.00E+03	3.00E+03	3.90E+03
20%	4.67E+04	1.57E+04	9.00E+02	3.00E+02	4.00E+02
30%	3.30E+05	2.07E+04	4.00E+02	3.00E+02	2.30E+03
40%	2.31E+04	1.20E+04	9.30E+03	3.00E+02	1.50E+02
50%	1.83E+04	4.03E+03	4.00E+01	3.00E+01	9.00E+01
60%	5.03E+03	5.03E+03	1.50E+02	3.00E+01	2.30E+02
70%	3.83E+03	3.83E+03	1.50E+02	3.00E+01	7.00E+01
80%	1.00E+03	1.00E+03	2.80E+01	3.00E+00	3.00E+01
90%	6.67E+02	6.67E+02	1.50E+01	3.00E+00	3.00E+00
0%	8.67E+02	2.26E+02	3.00E+01	3.00E+00	3.00E+00

Figura 22

Coliformes Termotolerantes Vs Grado de Disoluciones



Sólidos Suspendidos Totales

La tabla 13 muestra los resultados de concentración de sólidos suspendidos totales calculados para cada disolución con su tiempo de exposición respectivo.

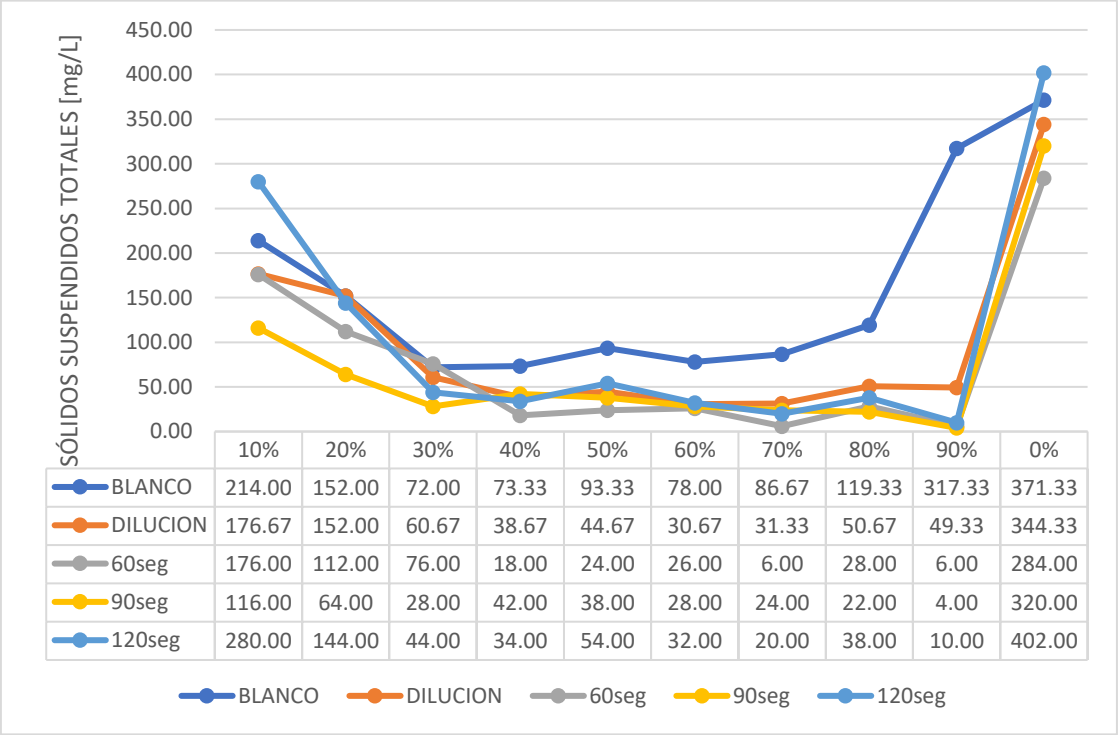
Tabla 13

Resultados de Sólidos Suspendidos Totales y Grado de Disoluciones

Sólidos Suspendidos Totales [mg/L]					
	Blanco	Dilución	60seg	90seg	120seg
10%	214.00	176.67	176.00	116.00	280.00
20%	152.00	152.00	112.00	64.00	144.00
30%	72.00	60.67	76.00	28.00	44.00
40%	73.33	38.67	18.00	42.00	34.00
50%	93.33	44.67	24.00	38.00	54.00
60%	78.00	30.67	26.00	28.00	32.00
70%	86.67	31.33	6.00	24.00	20.00
80%	119.33	50.67	28.00	22.00	38.00
90%	317.33	49.33	6.00	4.00	10.00
0%	371.33	344.33	284.00	320.00	402.00

Figura 23

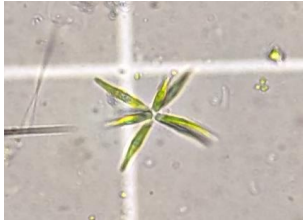
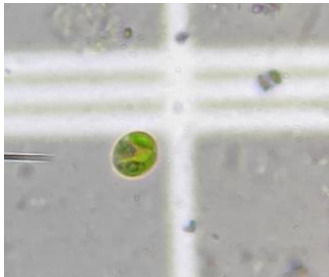
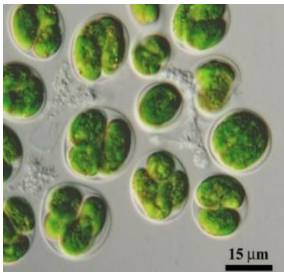
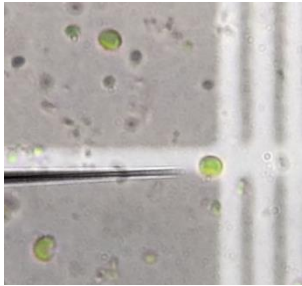
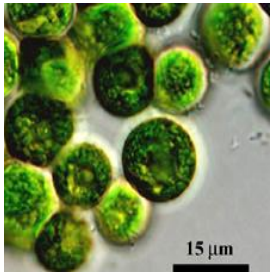
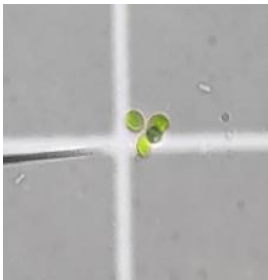
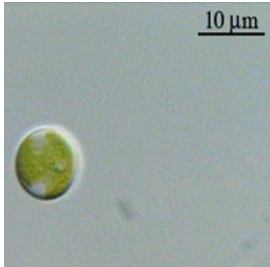
Sólidos Suspendidos Totales Vs Grado de Disoluciones

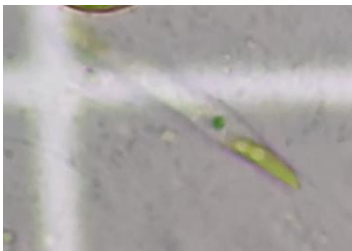
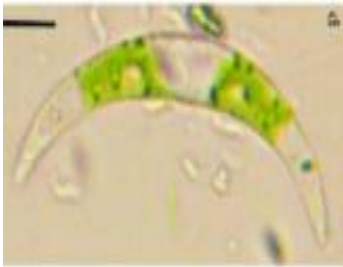
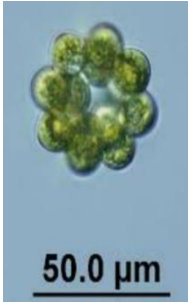
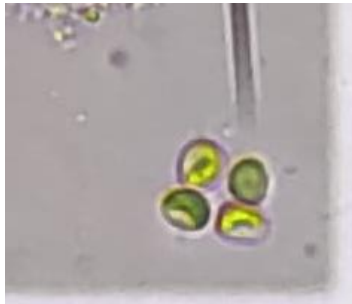
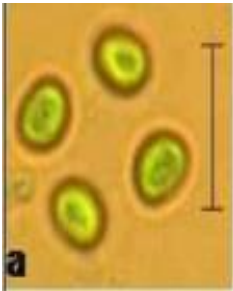
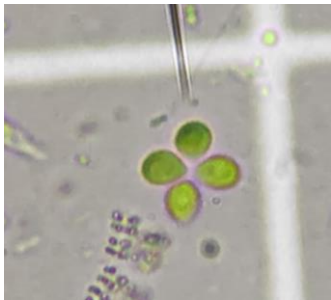
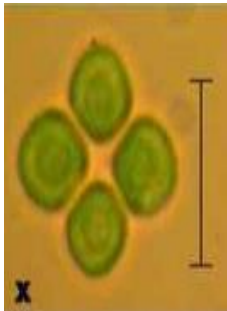


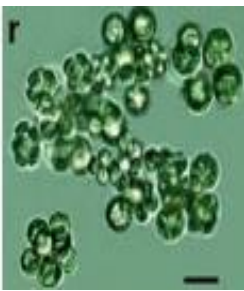
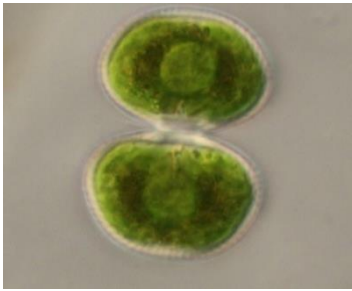
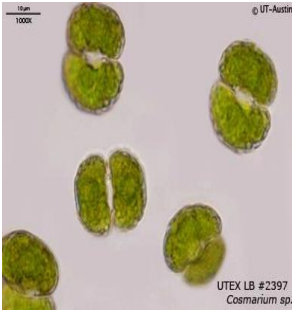
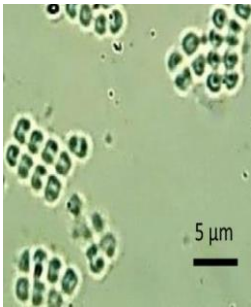
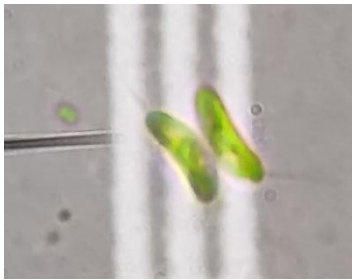
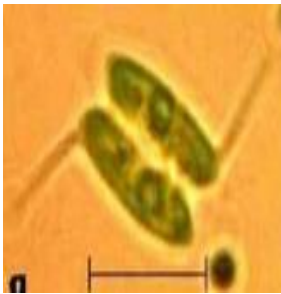
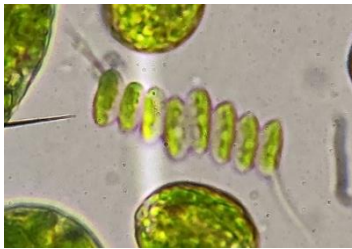
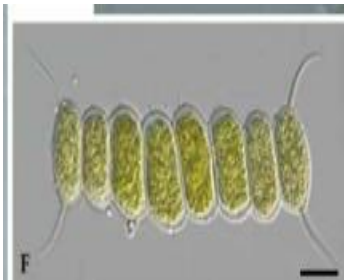
3.10.2 Resultados Cualitativos

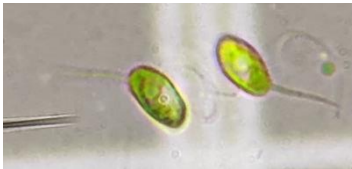
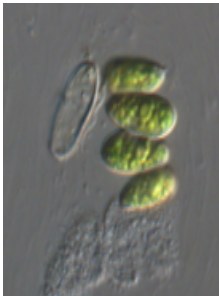
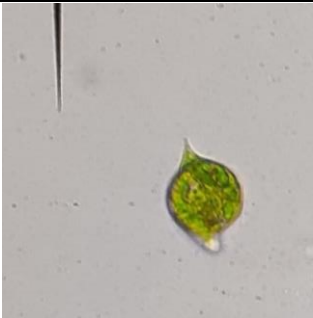
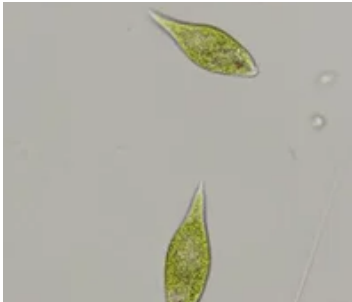
Tabla 14

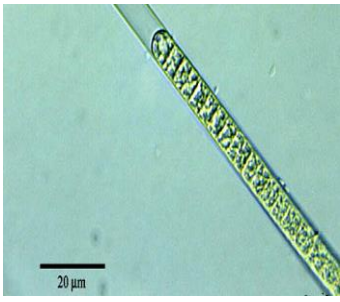
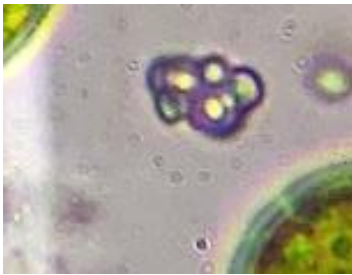
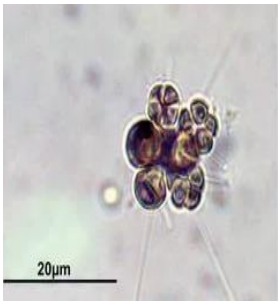
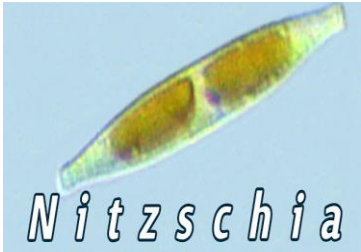
Resultados de identificación de microalgas observadas

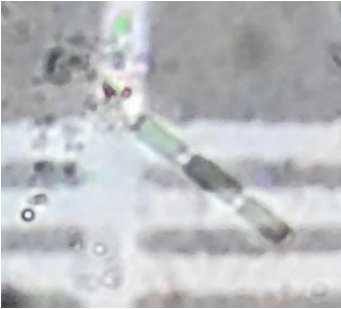
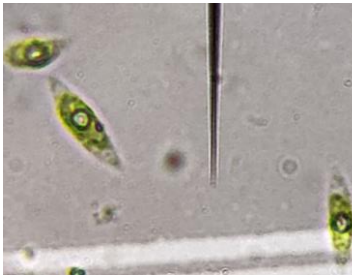
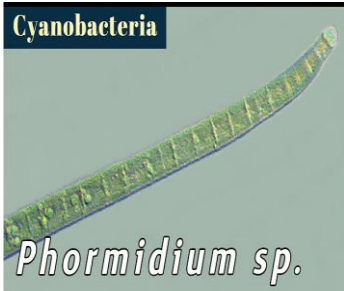
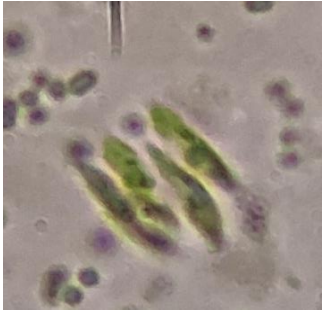
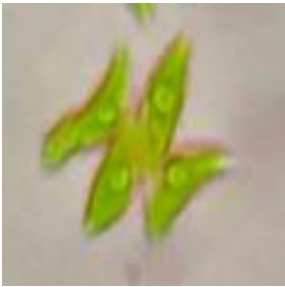
N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
1			Actinastrum Phycokey	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Alga Verde Unicelular Estructura: Estrella Tamaño: [7-40]micrómetros Pared Celular: Lisa
2			Chlamydomonas Reinhardtii	Dominio: Eucariota Reproducción: Sexual-Gametos Alga Verde Unicelular Metabolismo: Autótrofo y Heterótrofo Estructura: Flagelado Tamaño: [8-22]micrómetros Pared Celular: Delgada
3			Chlorococum Sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica Tamaño: [10-30]micrómetros Pared Celular: Lisa
4			Chlorococcum Phycokey	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Alga Verde Multinúcleo agrupada Estructura: Esférica Tamaño: [10-30]micrómetros Pared Celular: Lisa
5			Chlorella Sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual-Mitosis Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica Tamaño: [2-10]micrómetros Pared Celular: Lisa

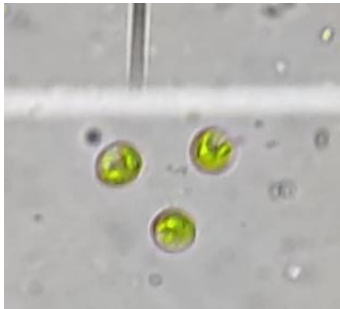
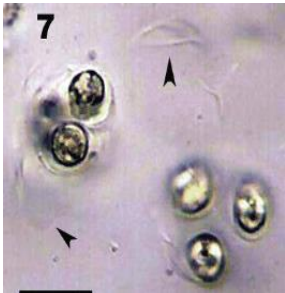
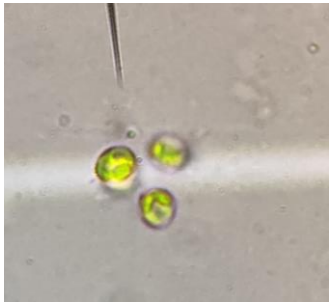
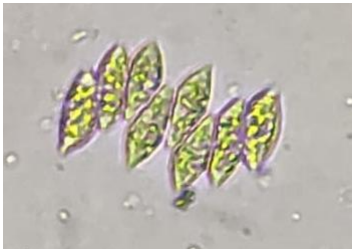
N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
6			Closterium Aciculare T. West	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual y Sexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Alargado y Cilíndrico Tamaño: [50-400] micrómetros Pared Celular: Lisa
7			Closterium Leibleinii Kützing ex Ralfs	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Alargado y Cilíndrico Tamaño: [20-50] micrómetros Pared Celular: Lisa
8			Coelastrum Astroideum	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica en forma de rueda Tamaño: [50-200] micrómetros Pared Celular: Lisa
9			Tetrastrum sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Ligeramente Esférica Tamaño: [5-10] micrómetros Pared Celular: Lisa
10			Crucigenia Quadrata	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: En forma de cruz Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Ligeramente Rugosa

Nº	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
11			Coelastrum sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica en forma de rueda Tamaño: [5-20] micrómetros Pared Celular: Lisa
12			Cosmarium sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Textura Rugosa
13			Cyanotetras o Merismopedia	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Cyanobacteria Unicelular Estructura: Cilíndrica, agrupación rectangular. Tamaño: [1-10] micrómetros Pared Celular: Ligeramente Rugosa
14			Desmodesmus Bicaudatus	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Cilíndrica alargada con flagelos Tamaño: [10-20] micrómetros Pared Celular: Fina y Lisa
15			Crucigenia Quadrata	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Cilíndrica alargada con flagelos Tamaño: [15-30] micrómetros Pared Celular: Delgada

N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
16			Desmodesmus sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Cilíndrica alargada con Flagelos Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Lisa y Delgada
17			Diatomea Bacillariophyceae	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular (Diatomea) Estructura: Elíptica con Flagelo Tamaño: [1-100] micrómetros Pared Celular: Rígida
18			Euglena sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo y Heterótrofo Alga verde Unicelular Estructura: Elíptica Alargada con un Flagelo Tamaño: [10-100] micrómetros Pared Celular: Flexible
19			Leponcinclis Ovum	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo y Heterótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Ovalada con un flagelo Tamaño: [10-50] micrómetros Pared Celular: Flexible
20			Euglena Proxima	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo y Heterótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Ligeramente ovalada con un Flagelo Tamaño: [12-20] micrómetros Pared Celular: Flexible

N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
21			Lyngbya sp.	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Cyanobacteria Pluricelular Estructura: Largos y cilíndricos Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Rígida
22			Micractinium Pusillum	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Colonias Esféricas Tamaño: [2-10] micrómetros Pared Celular: Rígida
23			Monoraphidium Griffithii	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga verde Unicelular Estructura: Alargada Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Delgada Flexible
24			Nitzschia Bacillariophyceae	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular (Diatomea) Estructura: Alargada y Arqueada Tamaño: [10-200] micrómetros Pared Celular: Rígida
25			Oocystis sp	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Esférica o Elíptica Tamaño: [5-20] micrómetros Pared Celular: Lisa

N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
26			Oscillatoria sp	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Cyanobacteria Pluricelular Estructura: Esférica o Elíptica Tamaño: [1-5] micrómetros Pared Celular: Rígida
27			Phacus Pusillus	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Colonias Esféricas Tamaño: [15-30] micrómetros Pared Celular: Rígida
28			Phormidium sp	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Cyanobacteria Pluricelular Estructura: Elíptica Alargada con flagelo Tamaño: [50-200] micrómetros Pared Celular: Flexible
29			Pinnularia	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular (Diatomea) Estructura: Alargada y Elíptica Tamaño: [10-100] micrómetros Pared Celular: Rígida y resistente
30			Scenedesmus Incrassatulus	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Cilíndrica Alargada Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Delgada y flexible

N°	Foto real del Microscopio	Imagen de la web (Banco de algas)	Nomenclatura De Microalgas	Características y taxonomía
31			Scenedesmus Quadricapsa	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Cilíndrica Alargada con flagelos Tamaño: [10-30] micrómetros Pared Celular: Rígida
32			Schizochlamys Phycokey	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Esféricas Ovalada Tamaño: [5-10] micrómetros Pared Celular: Delgada y Flexible
33			Sphaerocystis Schroeteri	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Algas Verde Unicelular Estructura: Esférica Globulares Tamaño: [2-5] micrómetros Pared Celular: Delgada
34			Arthrospira sp. (Spirulina)	Dominio: Procariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Cyanobacteria Unicelular Estructura: Espiralada Helicoidal Tamaño: [3-5] micrómetros Pared Celular: Rígida
35			Tetradasmus Obliquus	Dominio: Eucariota Reproducción: Asexual Metabolismo: Autótrofo Alga Verde Unicelular Estructura: Ovalada Tamaño: [50-100] micrómetros Pared Celular: Delgada

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se hace énfasis a la comparación y discusión analítica entre los antecedentes referenciales y los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.1 Temperatura

Este parámetro afecta directamente al ecosistema algal y microbiológico que se desarrolla en la laguna de estabilización, debido a una mayor absorción por parte de las algas, cuyos pigmentos con clorofila tipo A y B, asimilan la radiación UV dentro de la longitud de onda de [400nm - 700nm] generando fotosíntesis y una simbiosis entre microalgas y bacterias.

Las lecturas de temperatura según la figura 15, manifiestan una crecida constante de la temperatura del agua residual en la laguna de estabilización, obteniendo así el valor mínimo promedio de 18.60°C y el máximo promedio de 28.60°C.

A partir de la disolución 60% se observa el punto de inflexión en incremento de temperatura debido al cambio de estación. Esto genera las condiciones necesarias para la proliferación y supremacía de la microalga *Phacus Pusillus*, cuya presencia en cantidad genera un consumo acelerado de CO₂, incrementando así el pH del medio.

Ante el aumento de temperatura se observa también el génesis de la microalga denominada *Crucigenia Quadrata*, el cual estaba ausente en las disoluciones anteriores al 60%.

En la figura 15, se observa que luego de exponer la muestra de agua residual a la radiación UV-C bajo el tiempo de exposición 120seg, surge un ligero incremento de temperatura, esto debido a la potencia de las lámparas y la dosis elevada que alcanza bajo este tiempo de retención.

Luego de exponer los patógenos a radiación UV-C, Gehr*, R. & Hallmich, C. (2010), asegura que existe una menor capacidad de foto reactivación en épocas de invierno

alrededor de 50% a comparación de las temporadas de verano, por lo que es recomendable desinfectar las aguas residuales en invierno.

4.2 Potencial de Hidrógeno

La figura 16, consigna los valores de pH los cuales presentan una variabilidad hasta la disolución del 50%. A partir de la disolución del 60% comienza a elevarse el pH debido al aumento de temperatura y con ello la predominancia de la microalga *Phacus Pusillus*.

Cuando se incrementa el pH por encima de los 9, se considera un medio alcalino fuerte, en donde las bacterias, virus y hongos, no toleran este cambio de pH y comienzan a morir, independientemente si se añade o se expone un desinfectante al medio. Comportamiento señalado por Amaro, et al. (2023)., el cual analizó el comportamiento microalgal para la remoción de contaminantes como coliformes fecales, concluyendo así que, al elevarse el pH las microalgas aumentan en población y paralelamente se reduce la población de coliformes entre ellos la *Escherichia Coli*.

4.3 Oxígeno Disuelto

Se puede interpretar de la figura 17 lo siguiente, las muestras iniciales que se tomaron en época de primavera bajo una temperatura promedio de 23°C, tienen mayor oxígeno suelto diluido, posteriormente de la disolución 30% hasta la disolución del 60% (muestra medida en época de otoño), el oxígeno disuelto en el medio disminuye debido a una menor radiación UV por ende menor actividad fotosintética. Para las disoluciones del 70% hasta el 90%, las pruebas se realizaron a inicios del verano por lo que las microalgas y cianobacterias comenzaron con la fotosíntesis y liberación de O₂ al medio, de tal forma que se observa un incremento de la concentración de oxígeno disuelto en el medio, componente que sirve como motor para las bacterias y puedan descomponer la materia orgánica. Dicho patrón es manifiesta EL Hachemi et al., (2012). El cual afirma que en temporadas de verano se incrementa los valores de saturación de oxígeno en las lagunas

debido a la fotosíntesis, no obstante, la floración de microalgas se incrementa causando un consumo masivo de CO₂ por lo que el pH comienza a elevarse.

4.4 Absorbancia

La Absorbancia de unidad adimensional para interpretaciones objetivas viene a ser el inverso de la Transmitancia, dicha característica se deduce de la figura 18, el cual presenta un sentido opuesto durante el transcurso de las mediciones de la Transmitancia (véase figura 19).

La tendencia de la curva del blanco es mayor con respecto a las otras curvas debido a que la muestra está sin diluir, presentando mayor cantidad de microalgas, sustancias húmicas, nutrientes, materia orgánica, etc., de tal forma que estos componentes bióticos y abióticos absorben la luz emitida por el espectrofotómetro para una longitud de onda 254nm. Del mismo modo, que a mayor concentración de algas como en las épocas de verano, existe mayor absorbancia por la proliferación en demasía de las microalgas.

También se observa en la figura 18, que la muestra presenta mayor absorbancia luego de ser irradiado durante 120seg a comparación de los otros tiempos de exposición. Por lo tanto, se intuye que, la proliferación de microalgas en verano o cuando se irradia a partir de los 120seg la muestra, no solo prolifera microalgas de tamaños comprendidos entre [20um – 100um], sino que también en algunos casos puede haber mayor cantidad de cianobacterias [5um – 20um] con respecto a la población de microalgas. Como sucede en la disolución del 60% para el conteo de microalgas se contabilizó 2238 células/1mm³, del cual 978 eran cianobacterias (Cianotetra o Merismopedia) y solo 40 células de tamaños considerables [20um – 100um], como la Euglena sp. y el Lepocinclis sp., debería de elevarse la absorbancia por la gran cantidad de cianobacterias; sin embargo, solo aumentó un poco a 0.9553 cm⁻¹. Adicionalmente, se predice que a mayor cantidad de microalgas que bordean los [15um – 100um] de diámetro, la absorbancia presenta un comportamiento directamente proporcional al aumento o disminución de este tipo de microalgas.

Escenario anterior es justificado por las microalgas *Phacus Pusillus*, ya que estas aparecen en cantidad para temporadas de verano, predominando en el ecosistema por sobre las bacterias, hongos, cianobacterias y otras microalgas, de tal forma que incrementa la concentración de sólidos suspendidos totales en un 250% apropiadamente y con ello la absorbancia, hasta valores cercanos a 2 cm^{-1} , siendo el valor máximo teórico cuantificable y fiable el 1 cm^{-1} .

4.5 Transmitancia

Se observa en la figura 19, conforme aumenta la disolución de la muestra compuesta, la transmitancia también aumenta. Hasta la disolución del 30% existe mayor transmitancia luego de la exposición a la radiación UV-C durante 90seg, esto se puede deber a que, al estar mayor concentrado la muestra, requiere de un tiempo prudente para lograr la motilidad de las algas para luego precipitar. A partir de la disolución de 40% hasta el 90% con agua destilada se observa una predominancia luego de exponer la muestra a la radiación UV-C durante 60seg. Este efecto podría deberse a que al tener una muestra de agua más diluida con menor concentración de algas y de sólidos suspendidos, no requiere mayor dosis UV-C para lograr la motilidad en las algas. Sin embargo, al someter la muestra a un tiempo prolongado de 120seg para cada disolución, la transmitancia se mantuvo por debajo de los otros tiempos, pero no menor al blanco (afluente de laguna facultativa). Este efecto se manifiesta debido a que las microalgas al ser expuestas a dosis de radiación UV relativamente elevadas, se adaptan y generan nuevas células fotorresistentes, no obstante, las bacterias mueren por la dosis elevada, prevaleciendo así las microalgas al ya no tener competencia por los nutrientes.

4.6 Transparencia

La transparencia de la laguna responde netamente a la calidad del agua residual proveniente de los asentamientos humanos El Ángel y El Milagro. Se puede apreciar en la figura 20 que, el blanco para las primeras pruebas tuvo mayor transparencia debido a que la concentración de microalgas para la temporada de otoño fue menor, en comparación de las últimas pruebas en verano, donde se presencié un incremento considerable en la microalga *Phacus Pusillus*. Dicho sea de paso, una mayor concentración de microalgas aumenta los sólidos suspendidos y con ello la transparencia de la laguna es menor.

4.7 Dosis Media UV-C

En la figura 21 se puede observar para los 3 tiempos de radiación (60seg, 90seg y 120seg), que a medida que aumenta el grado de disolución, también aumenta la dosis de radiación UV-C. Esto se puede deber principalmente al comportamiento inverso que hay entre la dilución y la absorbancia (Véase figura 18 de la absorbancia).

El tipo de lámpara UV-C es de baja presión (Low Pressure), lo que garantiza que para una dosis mayores o iguales a $15\text{mJ}/\text{cm}^2$ la fotorreactivación a nivel de formación de colonias sea casi nula. No obstante, para coliformes fecales presentes en agua residuales una dosis UV de $40\text{mJ}/\text{cm}^2$ asegura que la reactivación de las bacterias sea menor a 1% según Guo et al. (2008).

Las dosis medias teóricas que tienen $0.00\text{ mJ}/\text{cm}^2$, se da para la distancia entre 2.5cm a 5cm de distancia con respecto al eje de la lámpara UV-C, sin embargo, para las distancias de masa de agua menores a 2.5cm si existe irradiancia UV-C sobre el medio, es mínima o casi nula, pero existe.

La mayor dosis se observó para la disolución del 70%, luego de irradiar la muestra por 60seg de radiación UV-C, dicho valor fue gracias a que la muestra inicial presentaba uno de los valores más bajos de absorbancia 0.2760cm^{-1} . De tal manera que existió mayor posibilidad de que los rayos UV penetren con facilidad la capa líquida.

4.8 Concentración de Coliformes Termotolerantes

En la figura 22, podemos inferir que el máximo valor hallado fue de 3.30×10^5 de coliformes termotolerantes se presentó en el blanco para la disolución de 30%. Además, se aprecia una tendencia inversa entre el grado de disoluciones y la concentración de coliformes termotolerantes. Dicho comportamiento se presume que es debido a que, al aumentar el grado de disolución, teniendo así una muestra cada vez mas diluida, repercute en una disminución de solidos suspendidos volátiles, el cual se ve representado por los microorganismos y algas presentes en el agua residual.

Según Alves et al. (2009), concluyó que dosis cercanas a 30mW.scm^2 , permiten que el 70% de E. Coli estén por debajo de 1×10^3 NMP/100ml. Escenario que se cumple la investigación, ya que a partir del 40% de disolución se observan dosis alrededor de 30mW.scm^2 que presentan una concentración menor a 1×10^3 NMP/100ml, sobre todo después de irradiar las muestras a 90seg y 120seg.

4.9 Concentración de Sólidos Suspendidos

Se intuye de la figura 23, que conforme se va diluyendo la muestra, la concentración de sólidos suspendidos va disminuyendo, que es lo esperado.

Se observa además que, la línea de tendencia del blanco o afluente de ingreso presenta mayor concentración de SST por encima de las demás.

No obstante, la concentración de SST para las muestras expuestas a la radiación UV-C durante 120seg son mayores que los otros tiempos y mayor inclusive cuando la muestra esta diluida, en la mayoría de las disoluciones.

Se desprende de los resultados obtenidos en laboratorio que, ante un aumento de microalgas de tamaño $15\mu\text{m}$ a más, tiende a aumentar considerablemente la concentración de solidos suspendidos totales. Tal es el caso para la dilución 0% (muestra sin diluir), que predomina en cantidad el tipo Phacus Pusillus de diámetro aproximado entre $[15 - 30\mu\text{m}]$

es por ello, el aumento exponencial de los SST hasta 402mg/L, luego de exponer la muestra durante 120seg.

Se deduce de la figura 23, que el afluente al equipo de desinfección comprende valores de SST en el rango de [72 – 371mg/L], mientras que para el tiempo óptimo de desinfección (90seg), el rango de SST comprende un promedio de 31.25mg/L entre la disolución del [20% - 90%]. Dicho valor promedio es similar a lo obtenido por Souza et al. (2012), quien enfatizó que la mejor eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes se da en muestras que oscilan entre 30mg/L de SST, así mismo, su evaluación tuvo como origen el efluente de una laguna facultativa, el cual presentaba una calidad de $6,5 \times 10^4$ en de Coliformes Termotolerantes, utilizando lámparas Philips a una potencia nominal de 90W concluyó que el TRH optimo es de 90seg.

4.10 Concentración de Microalgas

Se detectó que la microalga Euglena sp. en concentraciones elevadas, favorece a condiciones acidas de pH en el medio. No obstante, esta clase de microalga se considera hiper productora de sustancias húmicas, dificultando así el proceso de desinfección o inactivación de los microorganismos patógenos. (Amaro et al., 2023)

Durante el proceso fotosintético las microalgas liberan oxígeno en el agua, acción por el cual el pH tiende a elevarse generando agua alcalina. Lo cual es beneficiosos para las microalgas ya que, en agua neutras o ligeramente alcalinas los nutrientes tales como el Nitrógeno, Fósforo y el Hierro presentan mejor solubilidad para ser asimilados por las microalgas. En contraposición, en un medio acido el hierro precipita y no es asimilado por las microalgas. (Amaro et al., 2023)

La concentración de microalgas en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI se encuentra en el rango promedio de 876 N°cel/ml, dicho conteo se realizó con la cámara de Neubauer, conteo similar al que calculó Alarcón-Cóndor (2008), obteniendo

un máximo en el mes de marzo de 1375 microalgas y un mínimo en el mes de setiembre de 538 microalgas.

Se identificaron 35 tipo de algas entre microalgas y algas verdeazuladas (cianobacterias) durante el desarrollo de la investigación, los cuales se observan en la tabla de microalgas, información que respalda Alarcón-Cóndor (2008), el cual identificó con el microscopio 33 tipos de algas entre las más relevantes: Chlorella, Euglena, Closterium, Ankistrodesmus, Anabaena, Chlamydomonas y Pleurochloris.

4.11 Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes Vs Concentración de Microalgas

Figura 24

Concentración de Microalgas al 10% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

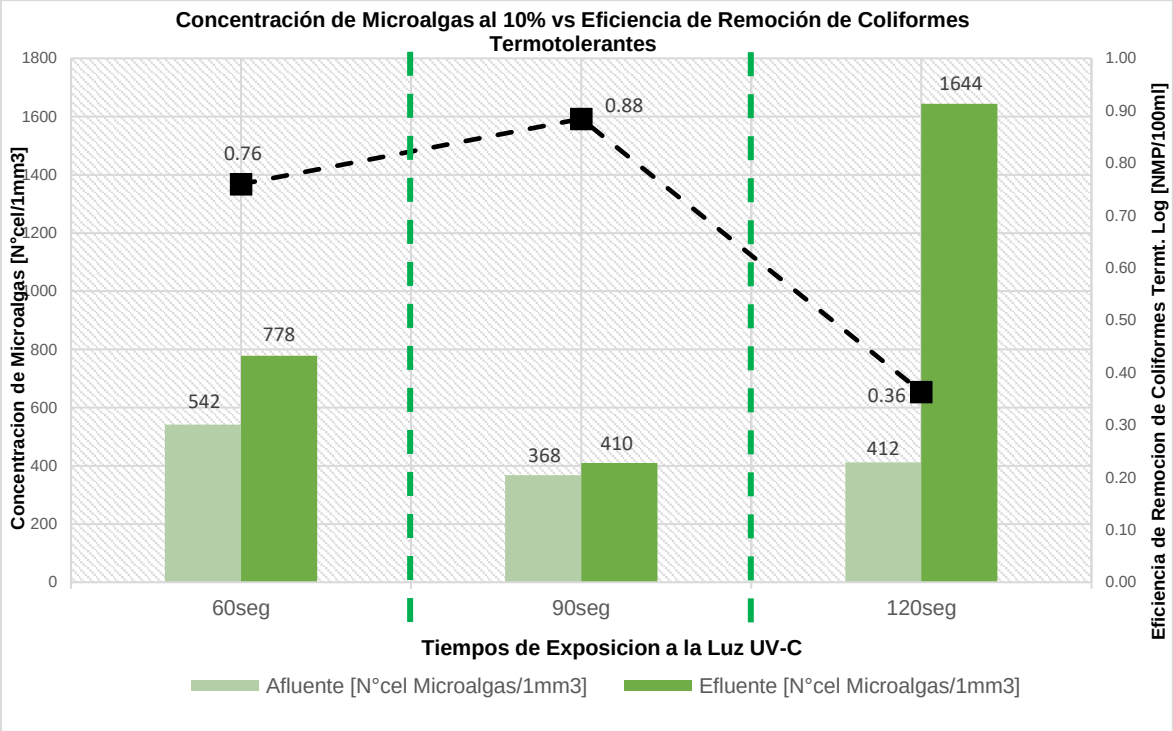


Figura 25

Concentración de Microalgas al 20% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

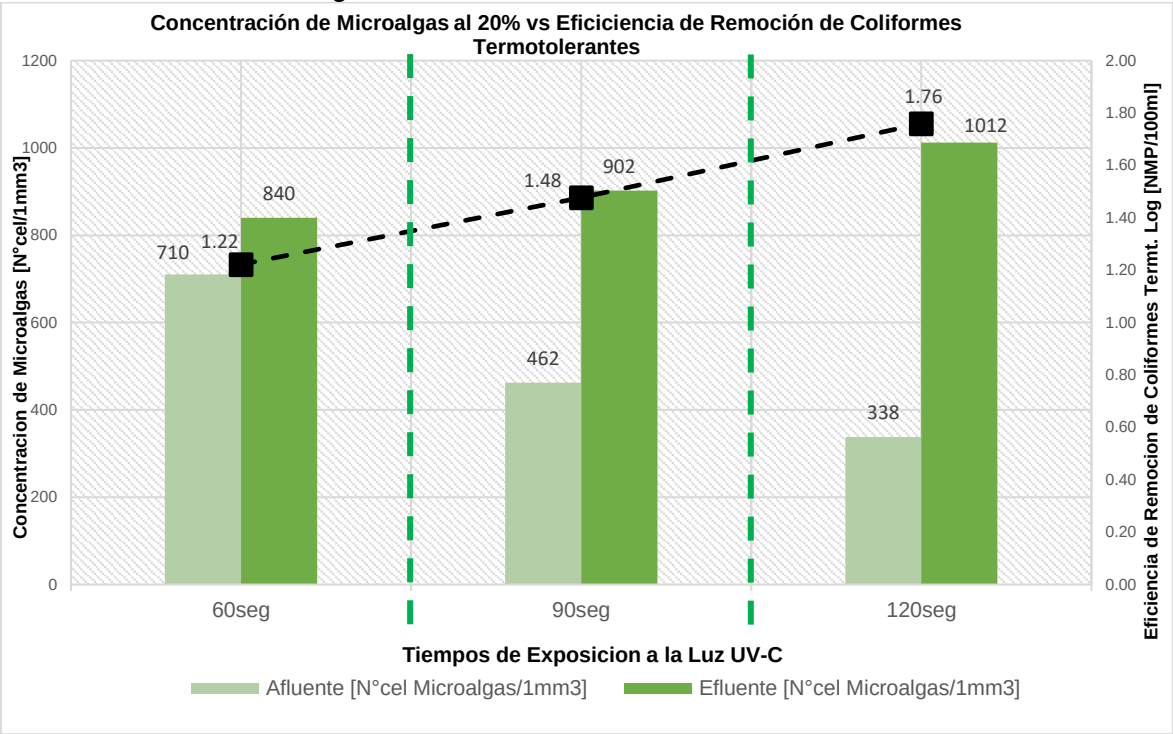


Figura 26

Concentración de Microalgas al 30% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

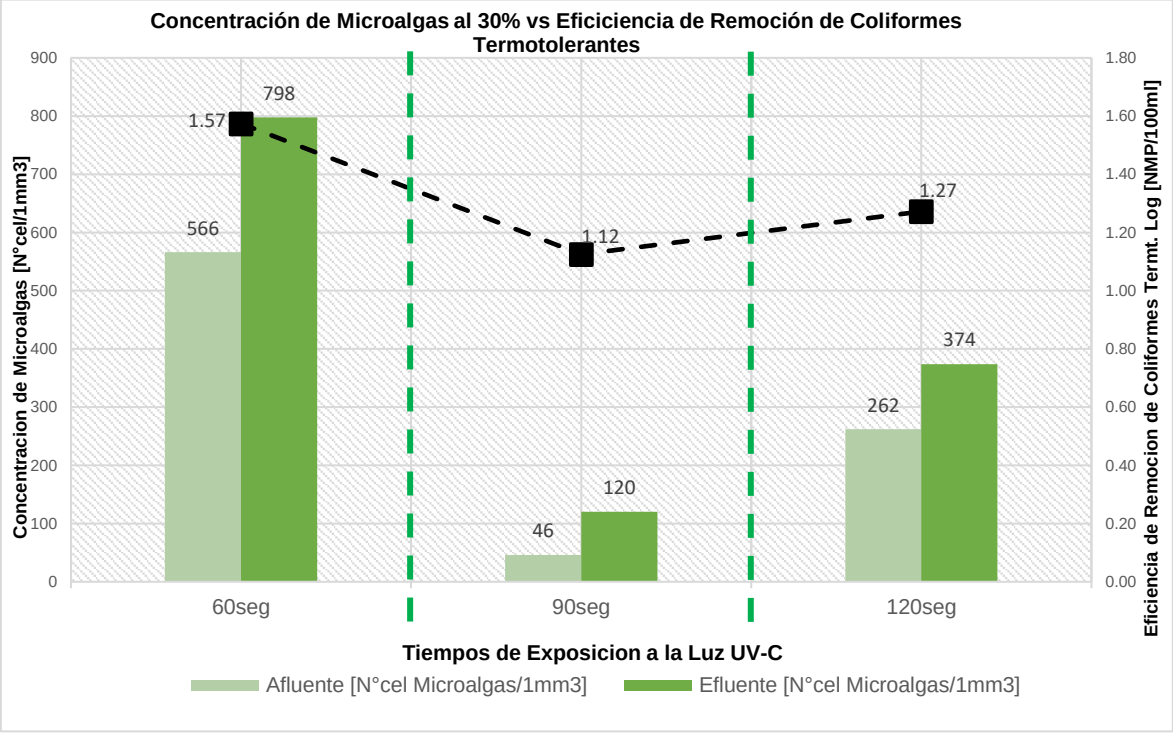


Figura 27

Concentración de Microalgas al 40% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

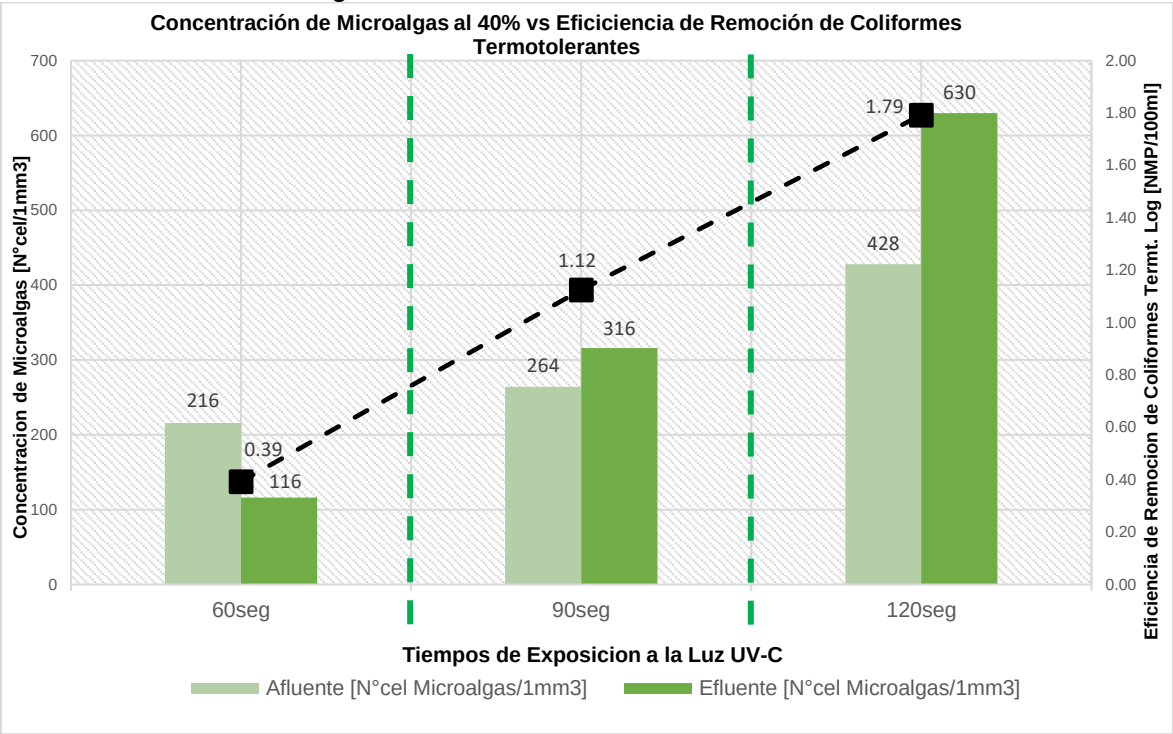


Figura 28

Concentración de Microalgas al 50% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

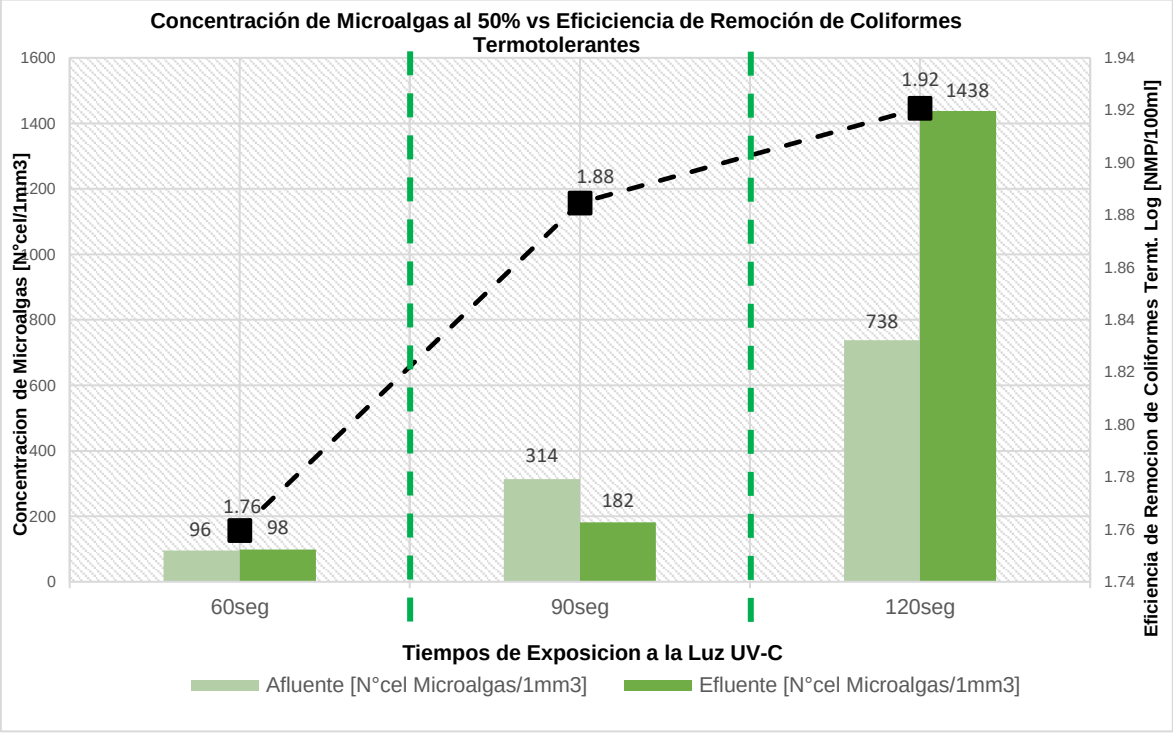


Figura 29

Concentración de Microalgas al 60% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

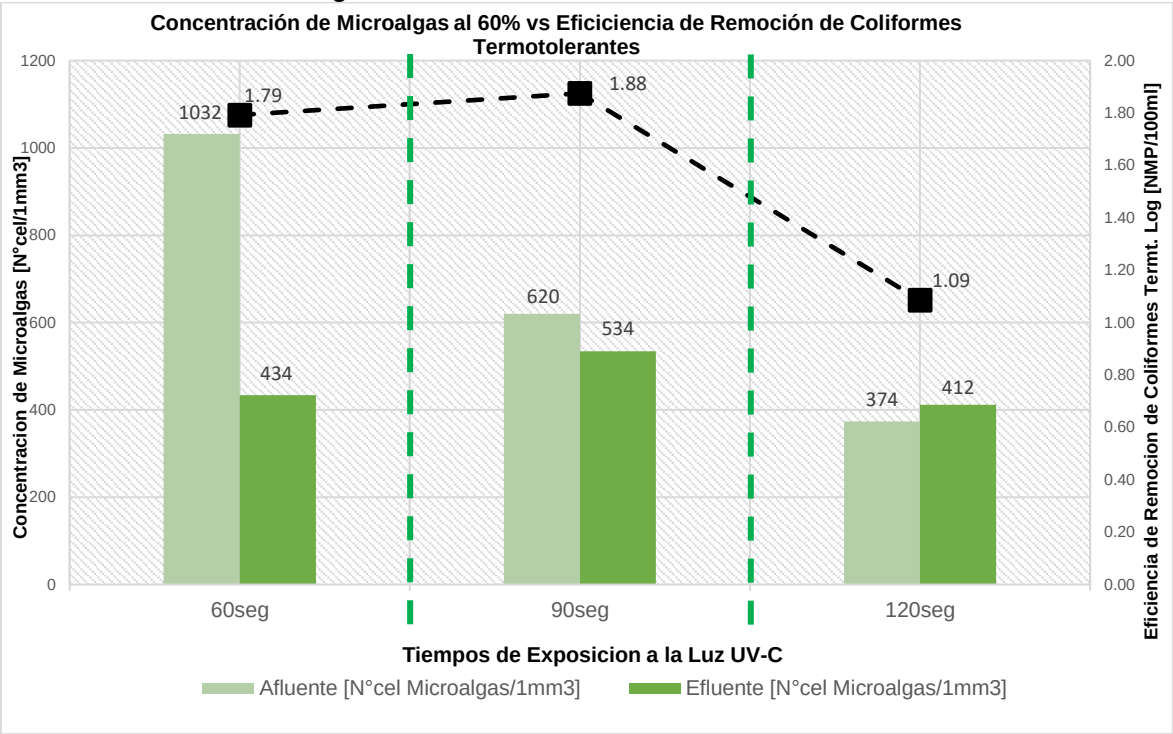


Figura 30

Concentración de Microalgas al 70% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

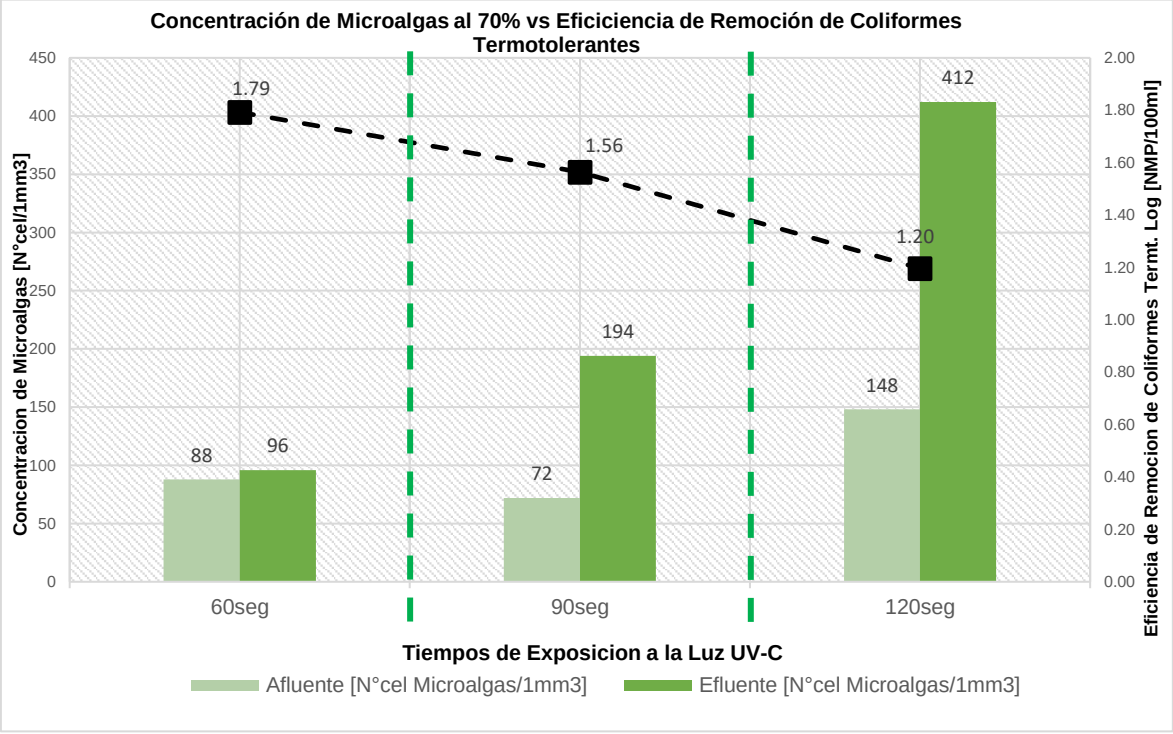


Figura 31

Concentración de Microalgas al 80% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

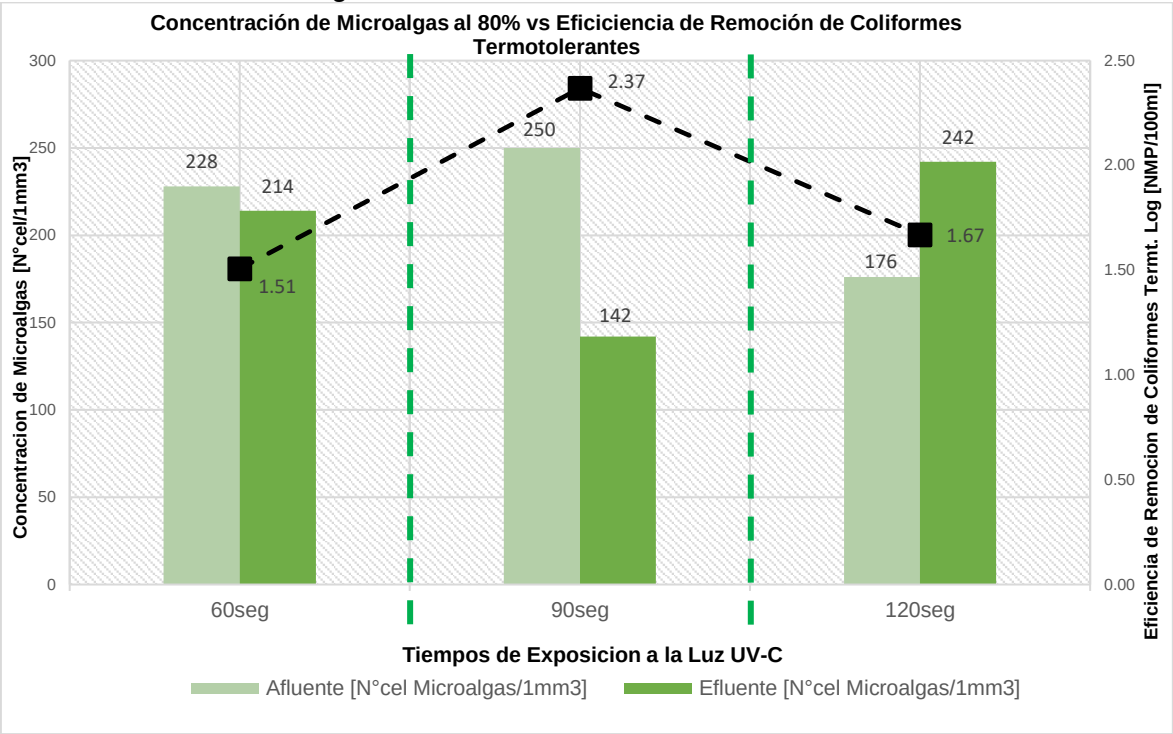


Figura 32

Concentración de Microalgas al 90% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

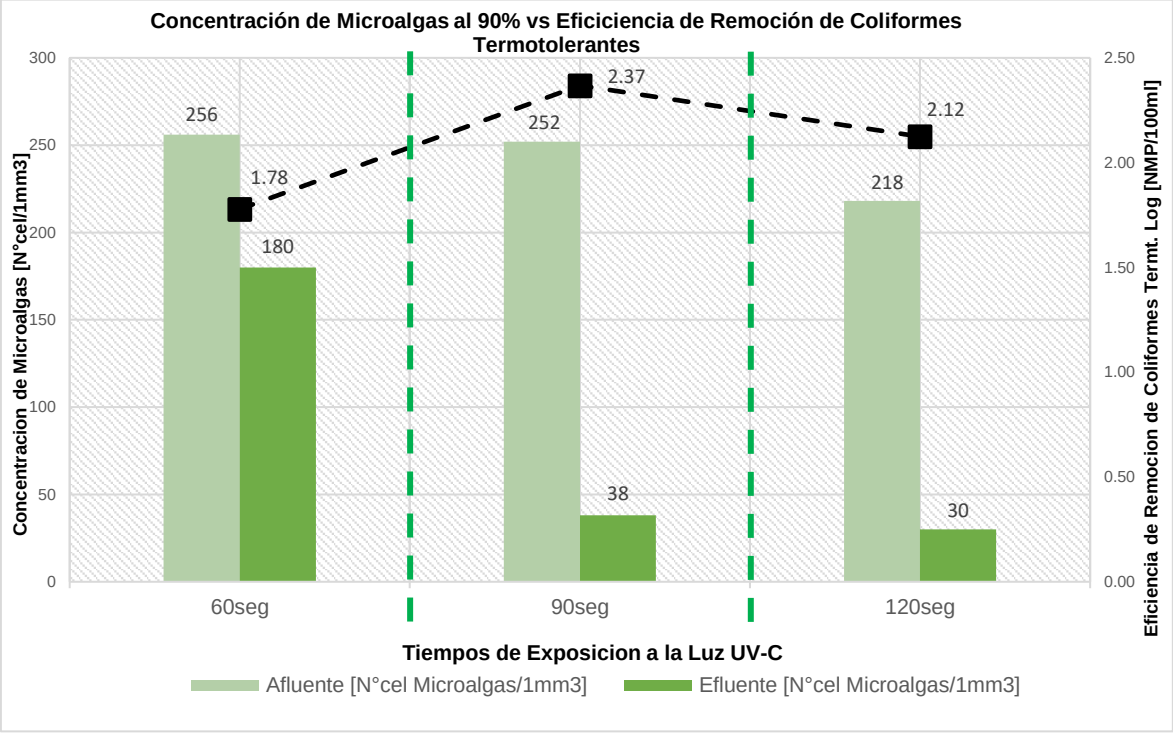


Figura 33

Concentración de Microalgas al 0% Vs Eficiencia de Remoción de Coli. Termotolerantes

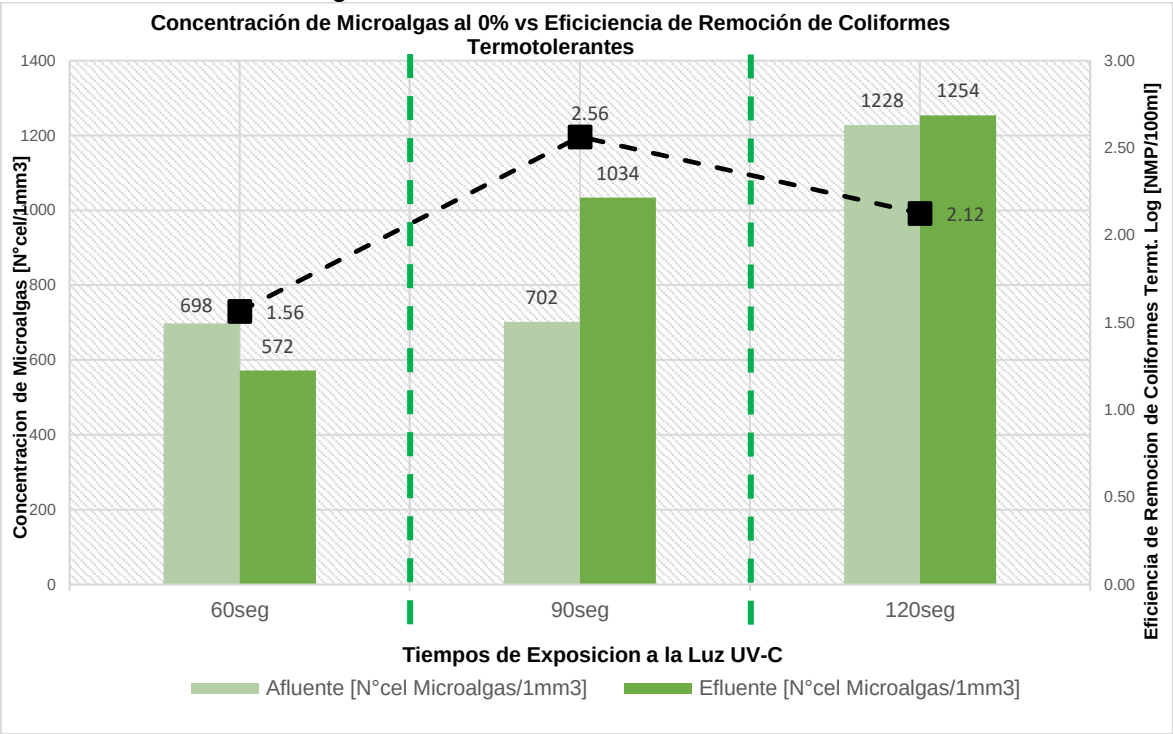
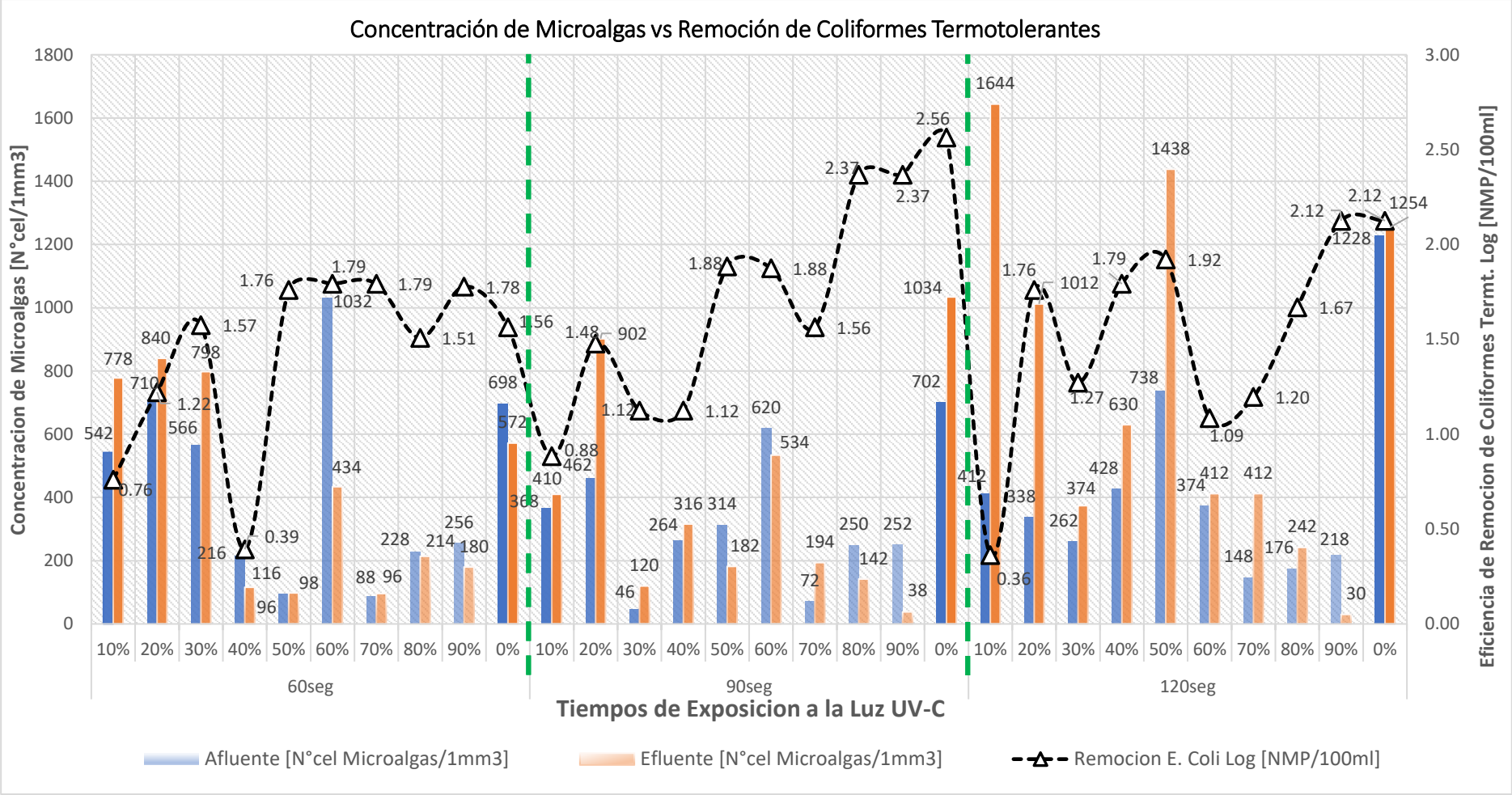


Figura 34

Resumen de Concentración de Microalgas y Eficiencia de Remoción de Coliformes Termotolerantes Vs Tiempos de Exposición UV-C



Nota: La eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes están expresados en Unidades Logarítmicas.

Se puede apreciar en el gráfico 34 que, al someter las muestras a radiación UV-C durante 60seg, alcanza una remoción de coliformes termotolerantes de hasta 1.0 log en promedio, pero cuando exponemos las muestras a un tiempo de exposición de 90seg, se alcanza la mayor eficiencia en remoción de coliformes termotolerantes; sin embargo, cuando sometemos las muestras a 120seg, no solo tenemos buenas eficiencias en remoción de coliformes, sino que también, aumentan aceleradamente la concentración de microalgas, esto puede deberse a los mecanismos de adaptación y defensa que liberan las microalgas como respuesta al estrés, liberan mayor clorofila favoreciendo la reproducción de microalgas resistentes al UV-C. Similar condición lo expresa EL Shahawy et al. (2018), en su evaluación de radiación UV-C en lagunas de estabilización, donde indica que el efecto de la producción de clorofila se produce siempre y cuando la dosis de UV no haya sido tan elevada para inactivar las microalgas, de tal forma la pared celular de las microalgas, absorben la energía y todas las bacterias que se adhieran a la pared celular de las microalgas se inactivaran.

Se visualiza en el gráfico 34, que la inactivación de bacterias estuvo comprendida entre tales valores 0.36-2.56 unidades logarítmicas. También se puede constatar que para la disolución del 80% con menor grado de absorbancia y luego de un tiempo de exposición de 120seg, genera una dosis de 24.23mJ/cm^2 y una remoción de 1.67 unidades logarítmicas, así mismo, para la disolución del 60% con menor grado de absorbancia y luego de un tiempo de exposición de 90seg, genera una dosis de 45.01mJ/cm^2 y una remoción de 1.88 unidades logarítmicas. Similar resultado obtenido por Li-Dong (2008), el cual evaluó el efluente secundario de PTAR's municipales irradiando con radiación UV-C el efluente obteniendo así, una inactivación bacteriana de 1.5log para una dosis media de UV-C de 24mJ/cm^2 y otra remoción de 1.7log para una dosis media de 40mJ/cm^2 .

Se infiere del gráfico 34, que las mejores eficiencias concernientes a remoción de coliformes termotolerantes 99.72% se logra bajo el tiempo de exposición UV-C de 90seg y

potencia nominal de lámparas 90W, obteniendo mejores calidades de efluente tratado, entre ellos: remoción eficaz y necesaria de microalgas, remoción de sólidos suspendidos totales. Similar tiempo óptimo que determinó Sánchez et al. (2012), para el efluente del sistema de lagunas de estabilización, alcanzó una remoción de 99,92% bajo un tiempo de 90seg a la exposición UV con una potencia total nominal de 90W.

Según Alves et al. (2009), indica que logró remociones en el estanque de pulido de 40cm de profundidad, 3 unidades logarítmicas. La elevada eficiencia de remoción atribuye a que el 94% de las partículas del estanque eran menores a 10um. Caso contrario al nuestro, ya que la laguna de estabilización del CITRAR-FIA-UNI, presenta microalgas del tamaño entre [20um - 100um] en su mayoría. Sin embargo, pese a ello y la flotación de lodos generado por la laguna en temporadas de invierno, se obtuvo buenas eficiencias de remoción de patógenos.

De los 3 tiempos de exposición, se resalta la presencia de concentración de microalgas en bajo cada tiempo, luego de exponer la muestra a 90seg por radiación UV-C, la cantidad de algas disminuye considerablemente y la eficiencia de remoción de coliformes es la mayor, sin embargo, para 120 seg de exposición, la concentración de microalgas aumenta, pero disminuye ligeramente la eficiencia de remoción de coliformes. Este comportamiento es indistinto al tipo de microalga que yace o vive en el medio acuoso, entre ellos, las cianobacterias y las microalgas de mayor tamaño.

Se intuye de los gráficos individuales por cada disolución, que la concentración de microalgas aumenta luego de irradiarlos con UV-C, dicho suceso se establece para la disolución de 10% hasta el 50%, no obstante, para las disoluciones mayores a 60%, las microalgas aumentan muy poco o disminuyen en la mayoría de los casos. Este efecto se debe a que, para muestras más diluidas la dosis de radiación UV-C aumenta, en consecuencia, las microalgas reciben mayores dosis directas incapacitando sus movimientos y en algunos casos muriendo por destrucción celular. Así mismo, las microalgas sobrevivientes ya no pueden replicarse por alteración permanente de su código genético y daños en la membrana celular.

4.12 Eficiencia de Remoción de Sólidos Suspendedos Totales Vs Concentración de Microalgas

Figura 35

Concentración de Microalgas al 10% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

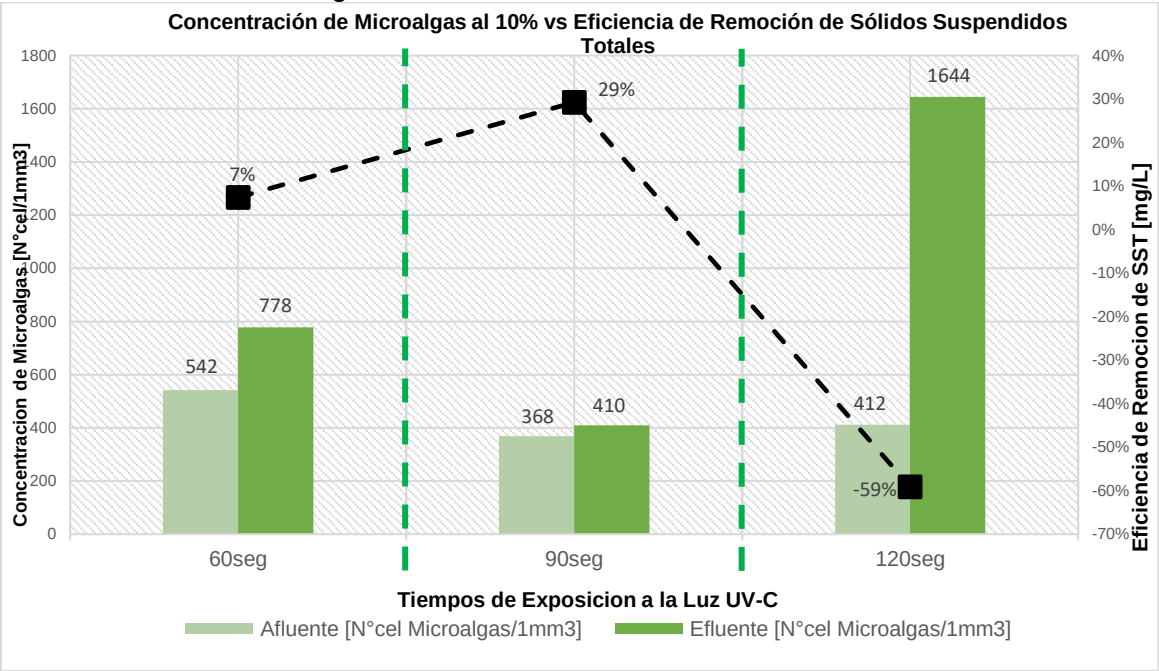


Figura 36

Concentración de Microalgas al 20% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

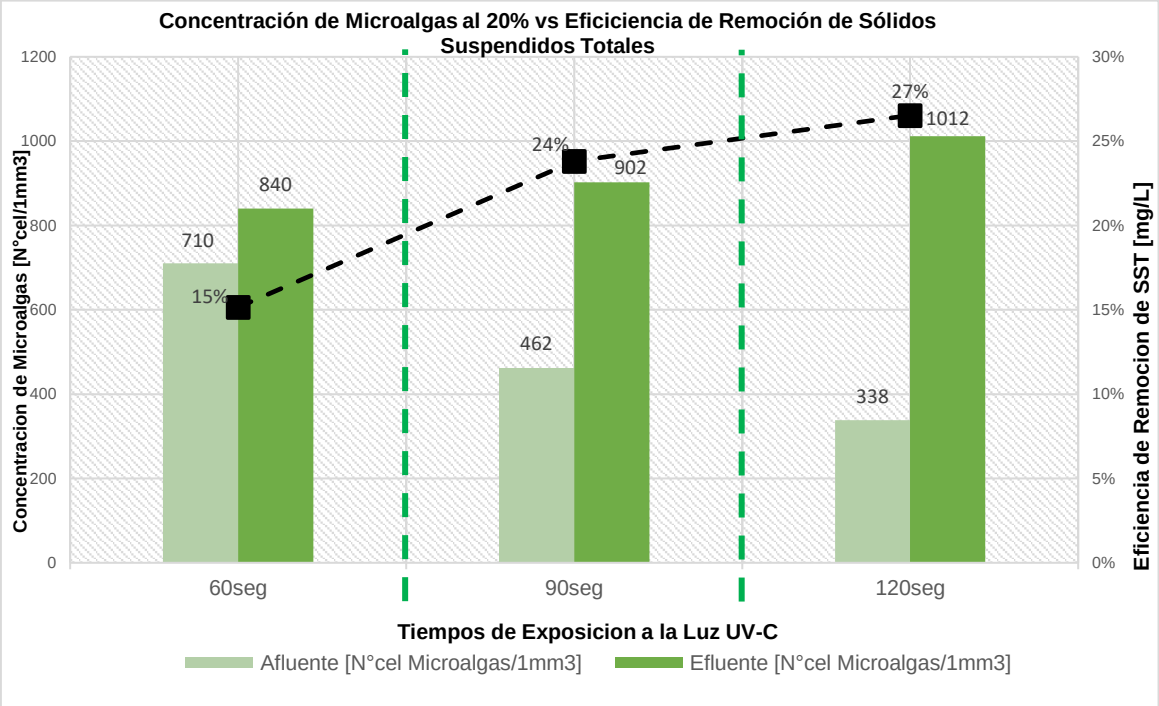


Figura 37

Concentración de Microalgas al 30% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

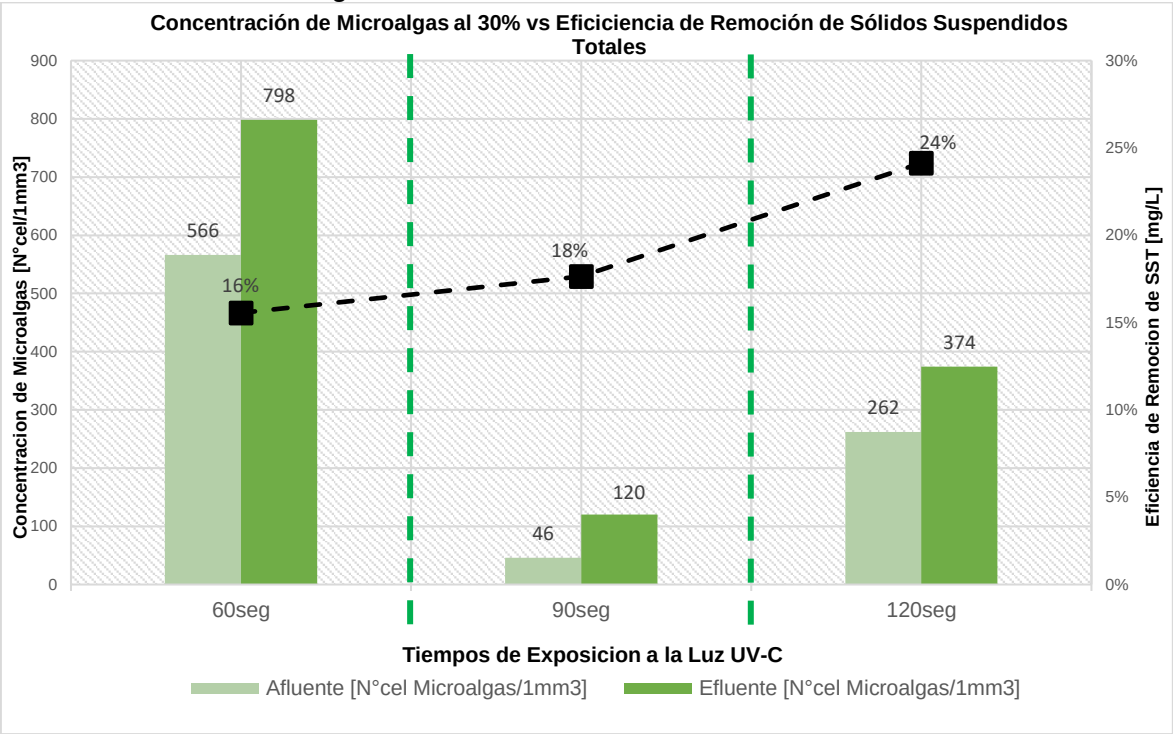


Figura 38

Concentración de Microalgas al 40% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

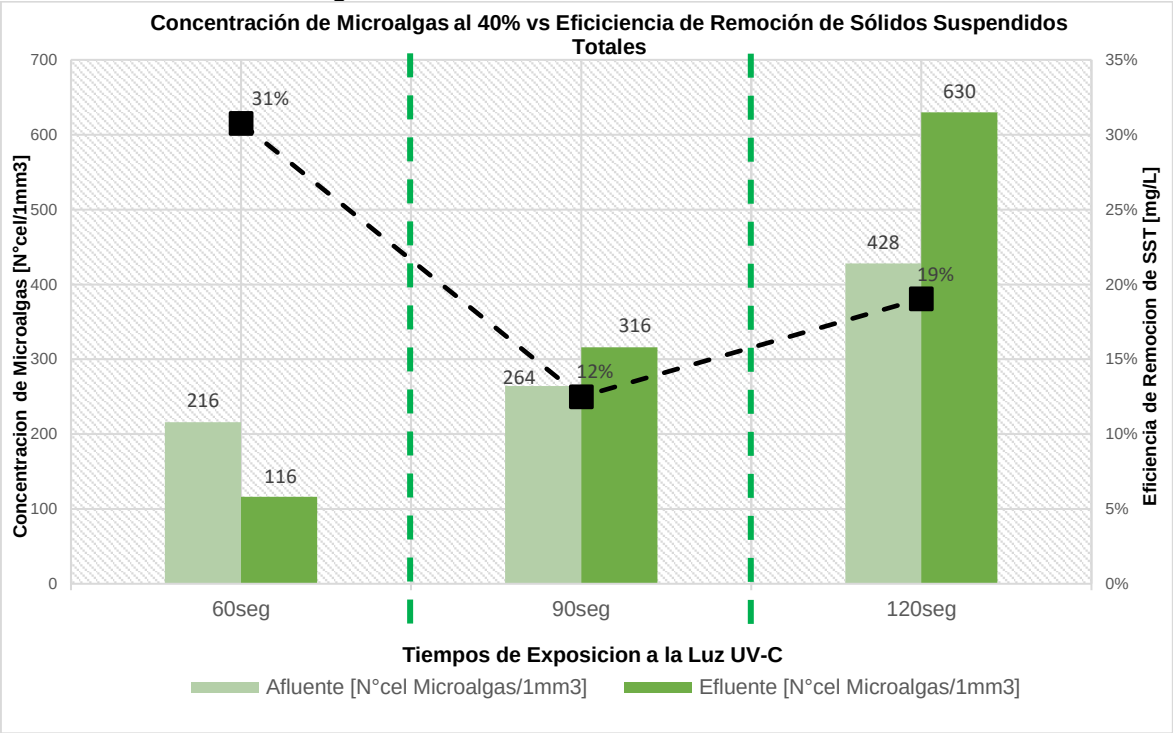


Figura 39

Concentración de Microalgas al 50% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

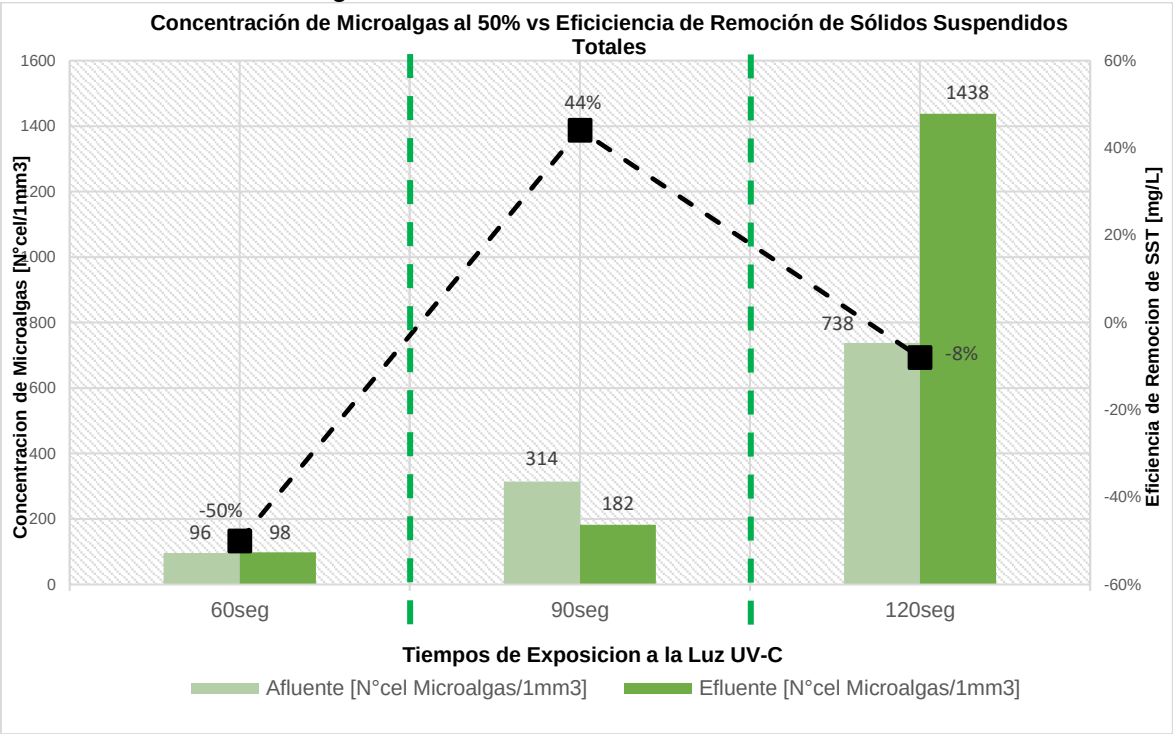


Figura 40

Concentración de Microalgas al 60% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

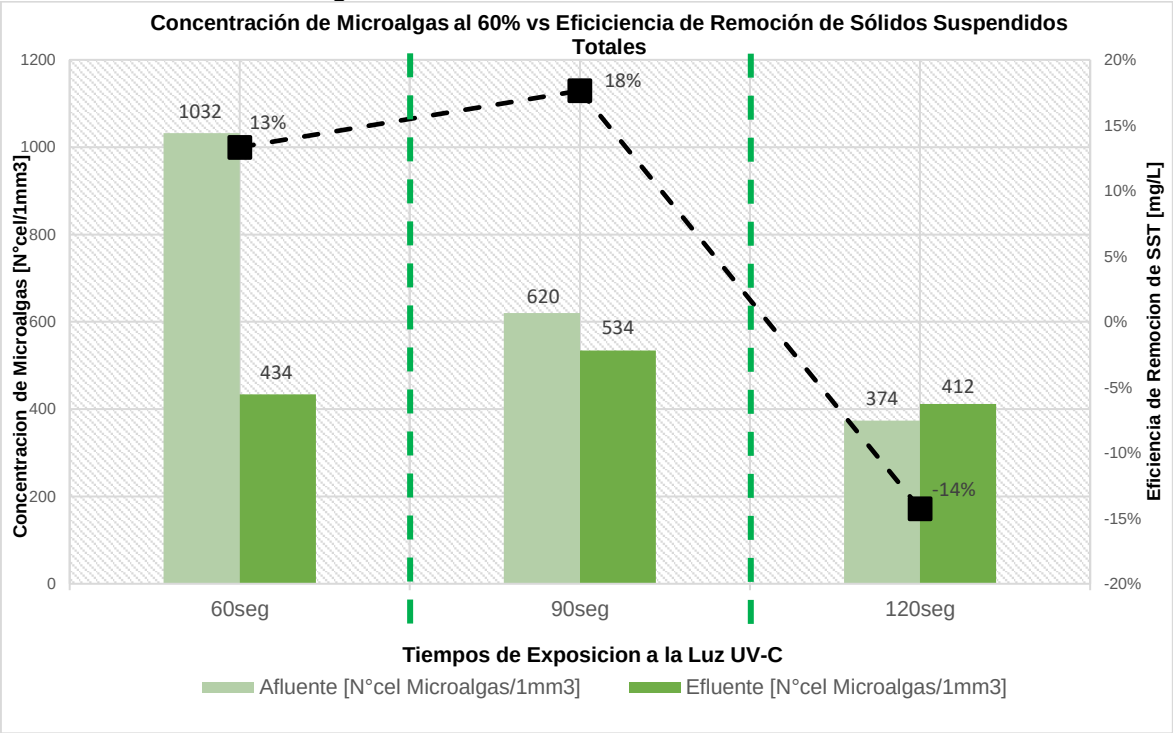


Figura 41

Concentración de Microalgas al 70% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

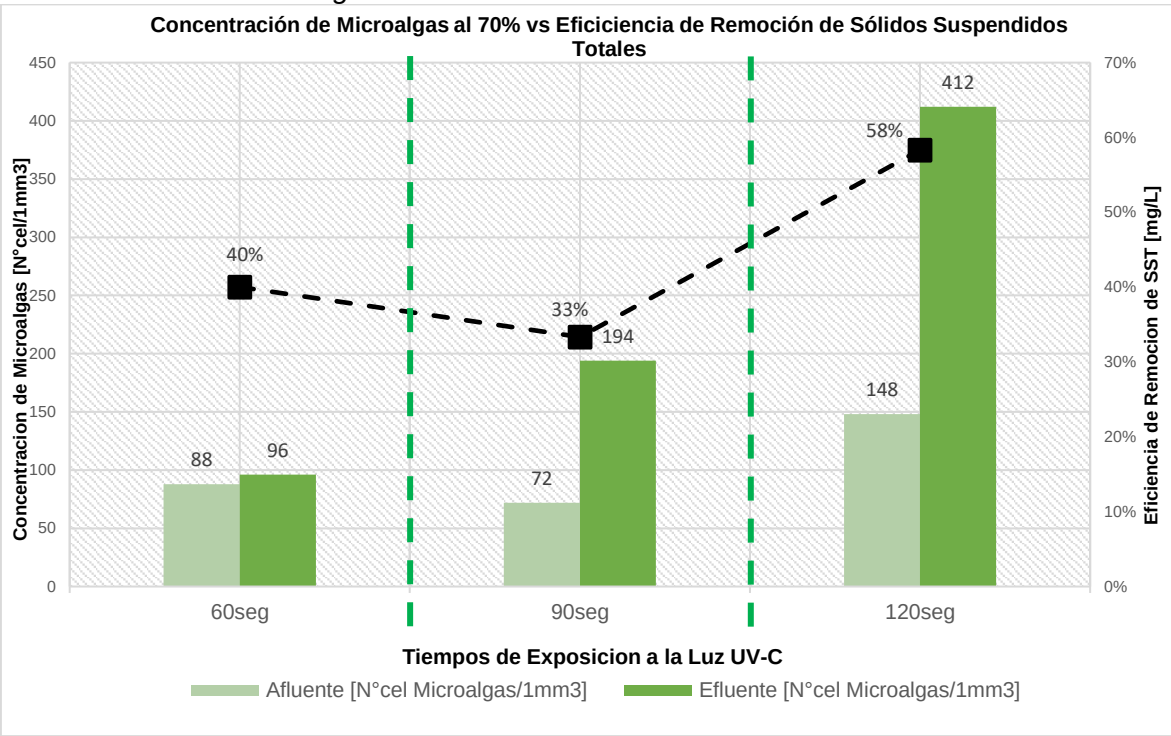


Figura 42

Concentración de Microalgas al 80% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

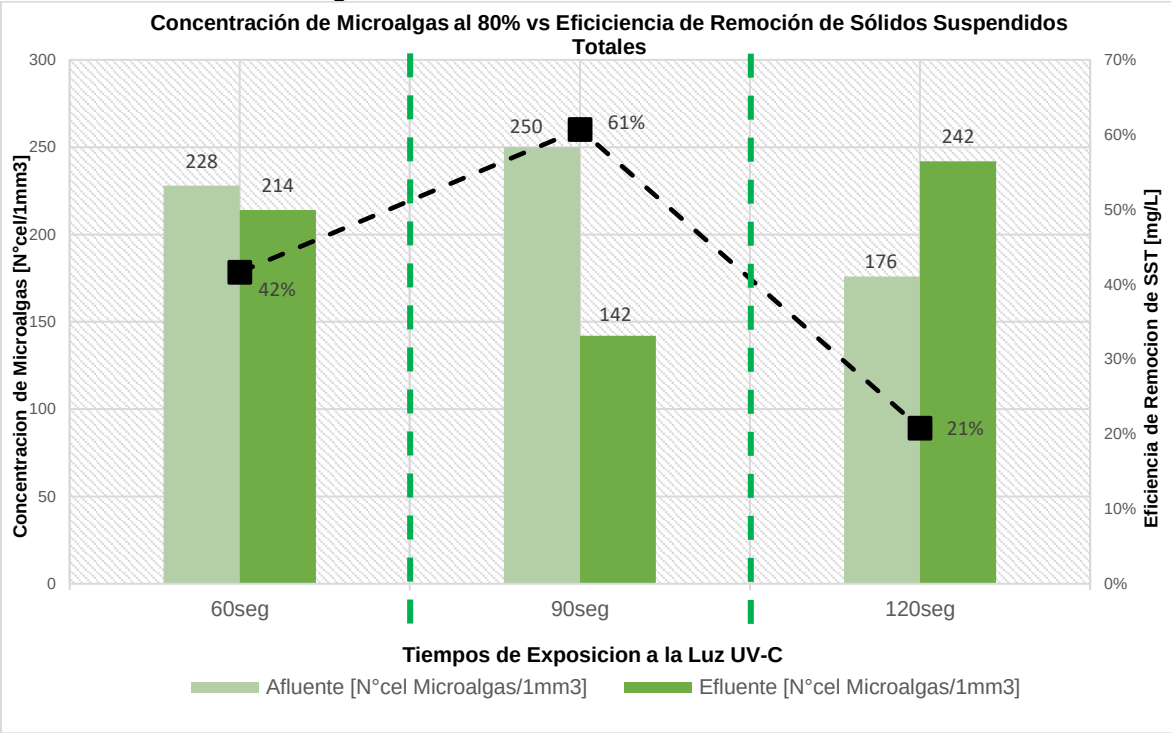


Figura 43

Concentración de Microalgas al 90% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

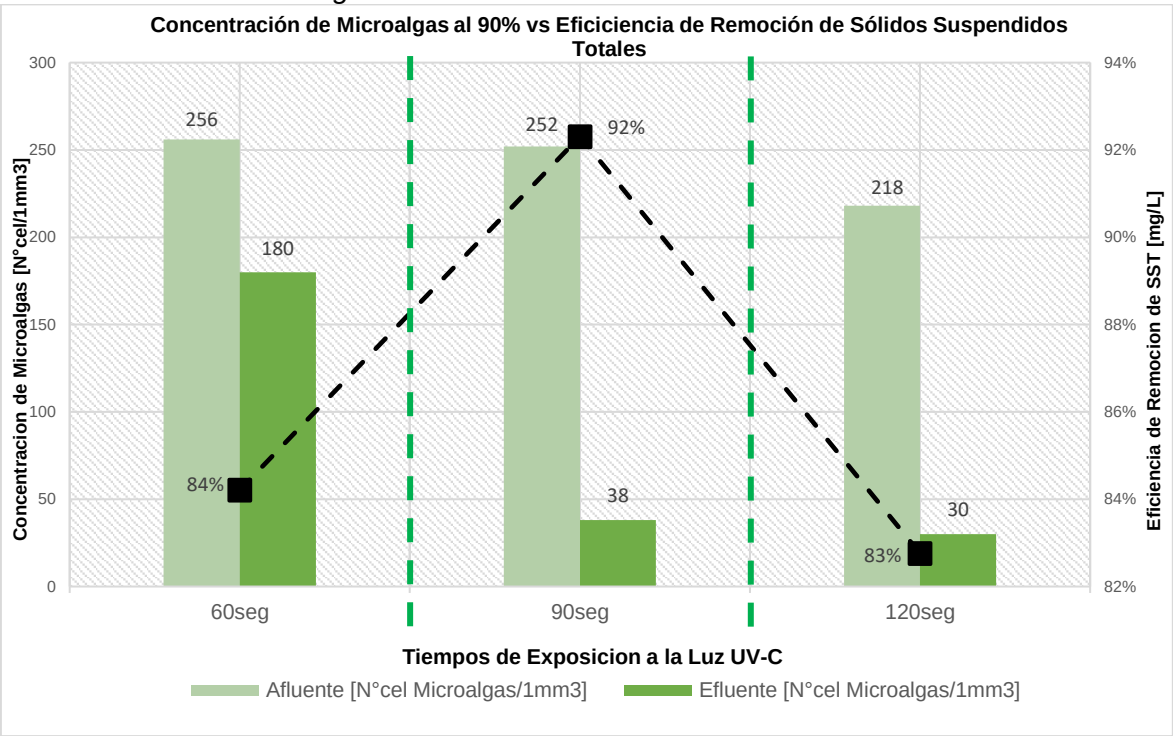


Figura 44

Concentración de Microalgas al 0% Vs Eficiencia de Remoción de SST.

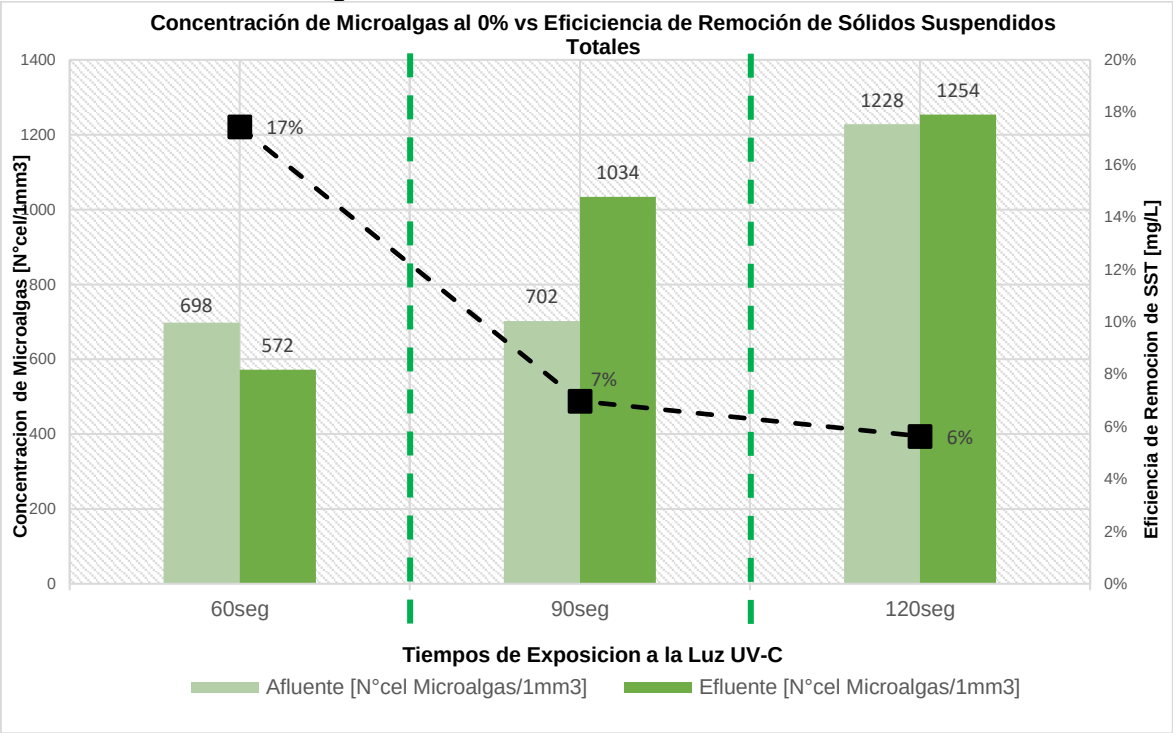
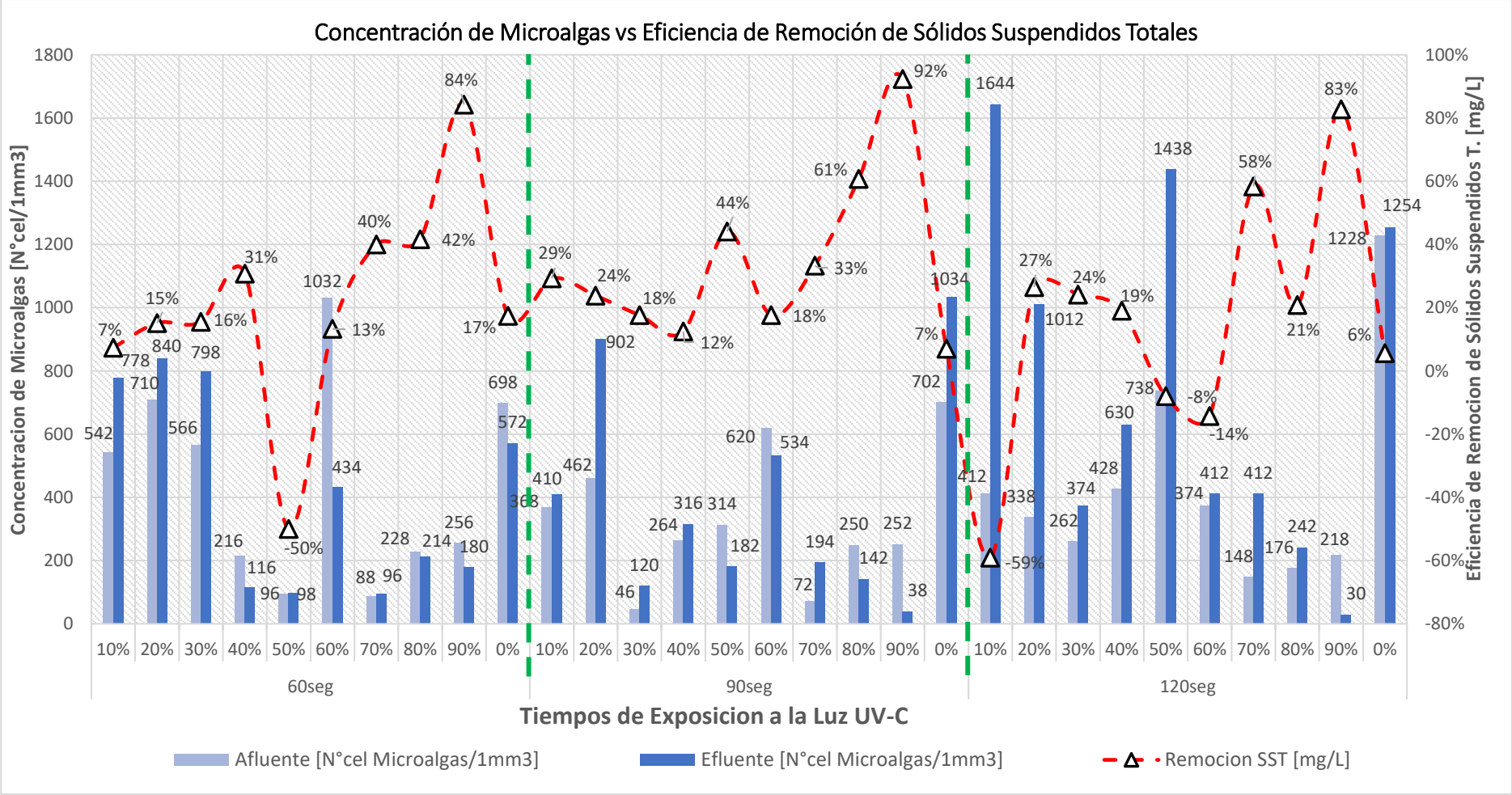


Figura 45

Resumen de Concentración de Microalgas y Eficiencia de Remoción de SST Vs Tiempos de Exposición UV-C



Nota: La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales están expresados en porcentajes.

Se infiere de la figura 45, que el tiempo de exposición de 90seg mantuvo una mayor eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales con respecto a los otros tiempos, alcanzando así un máximo de 92% bajo la disolución del 90%. Esto debido a que, al tener una muestra diluida en casi su totalidad, presenta menor cantidad de microalgas y flóculos de materia orgánica y filamentosos, los cuales oponían mayor resistencia a la desinfección. Tal como lo afirma en su investigación Azimi et al. (2017), en el cual resume que, los flóculos conformados por lodos, materia orgánica, microorganismos y otras sustancias, matemáticamente oponen mayor resistencia a la radiación UV comparados con flóculos filamentosos o de menor esfericidad.

La eficiencia negativa del -59% en concentración de SST, se debe a la predominancia de la microalga *Lepocinclis* sp., luego de irradiar la muestra diluida al 10% durante 120seg. Este comportamiento se podría deber a la predominancia de esta microalga y a su adaptación frente a tal dosis, eliminando a su competencia tales como bacterias, hongos, cianobacterias, etc., de igual forma hubo remoción de coliformes termotolerantes pero solo fue de 0.36 unidades logarítmicas, considerado la más baja eficiencia. Dicha información tiene como respaldo la afirmación de EL Shahawy et al. (2018), donde plantea que la mayor interferencia entre radiación UV-C y los microorganismos en el efluente de lagunas facultativas, son los sólidos suspendidos y la turbiedad generada por las algas y las sustancias húmicas, por lo que una remoción de estas de forma estratégica asegura eficiencias elevadas en remoción de patógenos.

Se observa de la figura 45, que cuando la concentración de microalgas disminuye luego de la exposición a la radiación UV-C, se obtiene mejores eficiencias de remoción de sólidos suspendidos totales.

Se observa la menor eficiencia de remoción de SST en la dilución del 10% luego de exponer la muestra a la radiación UV-C durante 120seg, esto se debió a un incremento excesivo de la microalga *Lepocinclis* sp., el cual representó el 82% de células contabilizadas con respecto a la población microalgal, único caso ocurrido durante la

experiencia, el cual podría deberse a condiciones de temperatura, pH y nutrientes propicios para su crecimiento y desarrollo.

En la figura resumen 45 de eficiencia de remoción de SST, se concreta una eficiencia del 58% en remoción de SST, luego de diluir la muestra al 70% e irradiarlo durante 120seg, además de ello, se obtuvo una remoción de 1.20 unidades logarítmicas de coliformes termotolerantes. Estos valores obtenidos durante la investigación se asemejan a lo manifestado por Santos, B. T. & Souza, C. A. (2009), quien evaluó un sistema de desinfección a escala real, donde empleaba una potencia nominal de 75W en lámparas UV, el cual halló eficiencias del 52% en remoción de SST y una remoción de coliformes termotolerantes de 1.0 unidades logarítmicas.

Se intuye de la figura 45, que conforme aumenta la concentración de sólidos suspendidos totales, la eficiencia de radiación UV-C se ve limitada. Así mismo, al mantener los tiempos de radiación e incrementar la capa líquida, disminuye la dosis y con ello la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes. (Pedroso et al., 2018).

Se deduce de la figura resumen 45 que, así como aumenta la concentración de microalgas luego de exponer las muestras a 120seg, también aumenta la concentración de sólidos suspendidos totales en ciertos casos, generando una menor eficiencia.

Conclusiones

- 1) La concentración de microalgas en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI bajo temperaturas frías entre [19°C - 24°C], tiene una concentración promedio de 629 N°cel/ml., mientras que, a temperaturas mayores de 25°C, tiene una concentración promedio de 869 N°cel/ml.
- 2) Al recibir altas dosis de radiación UV-C, las microalgas pierden motilidad y sedimentan luego de las 24hrs.
- 3) Para temporadas calurosas donde la temperatura del agua residual de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI se encuentre por encima de los 25°C, empleando la radiación UV-C en el efluente, la eficiencia de remoción de coliformes fecales es muy elevada de 2 hasta 3 unidades logarítmicas.
- 4) Para temporadas frías donde la temperatura del agua residual en la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI desciende por debajo de los 21°C, la eficiencia de la desinfección a través de radiación UV-C disminuye, removiendo alrededor de 1 a 2 unidades logarítmicas.
- 5) Las microalgas sometidas a temperaturas por debajo de 21°C constituyen un impedimento principal para la remoción de coliformes, debido a que estos actúan de manera fotoprotectora de los microorganismos debido a su mayor tamaño.
- 6) Las disoluciones efectuadas por cada muestra repercuten en una disminución de concentración de microalgas, sólidos suspendidos, absorbancia y turbiedad en la muestra de agua residual, escenario que favorece la penetración de la radiación UV-C, incrementando la eficiencia de remoción de patógenos.
- 7) Valores mayores a pH 9, incentivan la erradicación de los coliformes fecales.
- 8) Durante épocas de invierno al disminuir la temperatura, causa que la actividad fotosintética ingrese a una fase retardante, por lo que la eliminación de coliformes se realiza en la laguna secundaria acompañado de una reducción de materia orgánica, lo cual señala que existe una correlación entre estas variables.

- 9) A mayor concentración de microalgas en la laguna facultativa, aumenta la turbiedad y los sólidos suspendidos totales en el agua, por lo que disminuye la eficiencia de remoción de coliformes termo tolerantes, siempre y cuando sea temporada de invierno.
- 10) El efluente de una laguna facultativa resultó ser un buen medio acuoso para realizar la desinfección a través de radiación UV-C, debido a que se logró remover 2,56 unidades logarítmicas, pese a que dispone de microalgas donde se esconden los coliformes fecales dificultando la penetración de la longitud de onda UV-C.
- 11) El efluente de la laguna facultativa cuenta con partículas de carga negativa, entre ellos: microalgas, bacterias, materia orgánica, compuestos húmicos y partículas inorgánicas como arcillas, favoreciendo a la repulsión electrostática entre sí, dificultando la formación de flóculos, los cuales cumplen el rol de agentes fotoprotectores de los coliformes, convirtiendo el medio acuoso en una buena opción para desinfectar con radiación UV-C.
- 12) Dosis mayores a 30mJ/cm^2 garantizan mayor eficiencia en remoción de coliformes termotolerantes, tal cual se observa en el gráfico de dosis media UV-C.
- 13) Muestras de agua residual con absorbancias menores a 0.55m^{-1} , garantizan buena eficiencia en remoción de patógenos.
- 14) En la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI durante la época de otoño e invierno, predominan las microalgas *Euglena* sp., *Lepocinclis* sp. y *Euglena Proxima* para microalgas de mayor tamaño, mientras que en cianobacterias predomina la *Arthosphira* y la *Cyanotetra* (*Merismopedia*).

Recomendaciones

- 1) Previa evaluación complementaria de otros estudios fisicoquímicos y microbiológicos, implementar un canal de predesinfección con radiación UV (dosis mayores a $50\text{mJ}/\text{cm}^2$) con la finalidad de que precipiten al perder su movilidad, y luego del canal de predesinfección colocar un sedimentador con tolva en el fondo para que se realice la purga por diferencia de presión y lograr la evacuación de las microalgas. Luego el efluente de ello que atraviese el proceso de desinfección inclusive con tiempos de retención menores o dosis bajas, ya que los sólidos suspendidos habrían disminuido, clarificando el agua (Ver foto de Anexo 01). De esta forma se mejora la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes.
- 2) Evaluar la fotoreparación o reparación en oscuro de los coliformes termotolerantes para la complementar la investigación, de tal forma evitar una posible reactivación de los coliformes fecales luego de ser expuestos a bajas dosis de radiación UV-C.
- 3) Analizar el sistema de desinfección bajo un caudal continuo a través de un equipo de bombeo que garantice variaciones de caudales de tal forma que se obtenga la dosis óptima para la remoción de coliformes termotolerantes de la laguna facultativa.
- 4) Reducir el espacio laminar de agua entre los tubos de cuarzo que albergan las lámparas UV-C, con el objetivo de obtener mayores dosis de radiación UV-C. Esto debido a que el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI en temporadas calurosas aumentan los sólidos suspendidos y con ello la absorbancia supera el valor de 1, disminuyendo las dosis a valores casi nulos.
- 5) Efectuar investigaciones complementarias como el añadir el cloro a la desinfección UV-C, analizando los posibles subproductos generados por los radicales libres, para obtener un efecto residual y evitar al fotoreparación de los coliformes fecales.
- 6) Evaluar los nutrientes tales como el hierro, nitrógeno y fósforo, ya que, representan una función relevante para el desarrollo de las microalgas en el medio acuoso.

- 7) Evaluar las sustancias húmicas tales como el hierro y el manganeso en la laguna, debido a que constituyen un factor trascendental evitando que la longitud de onda UV-C se absorba en el medio.
- 8) Analizar el comportamiento de las sales y de los iones calcio y magnesio, ya que contribuyen a la remoción de coliformes fecales, por diferencia de presiones osmóticas.
- 9) Evaluar la descomposición de sustancias farmacológicas presentes en las aguas residuales domésticas y si la radiación UV-C es más que suficiente o se requiere una sinergia con otro tipo de tecnología de desinfección como ozono, cloro gas, ultrasonido o peróxido de hidrógeno.
- 10) Investigar sobre la remoción elevada de materia orgánica que presenta las microalgas tales como *Scenedesmus* sp y *Chlorella* sp, en la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI. Así mismo, evaluar la síntesis de aceites y grasas que presenta el *Scenedesmus Quadrispina*.

Referencias bibliográficas

- Alarcón-Cóndor, J. C. (2008). *Comportamiento de un sistema de lagunas de estabilización bajo las distintas etapas de tiempo y periodos de retención*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/512>
- Alves, C. V., Chernicharo, C. A. & Von Sperling, M. (2012). UV disinfection of stabilization pond effluent: a feasible alternative for areas with land restriction. *Water Science & Technology* 65(2), 247-253.
<https://doi.org/10.2166/wst.2012.363>
- Amaro, H., Sousa, J., Salgado, E., Pires, J. & Nunes, O. (2023). Microalgal Systems, a Green Solution for Wastewater Conventional Pollutants Removal, Disinfection, and Reduction Antibiotic Resistance Genes Prevalence?. *Appl. Sci.* 2023, 13, 4266.
<https://doi.org/10.3390/app13074266>
- Arredondo, Vega, B. O. & Voltolina, Lobina, D. (2007). *Métodos y Herramientas Analíticas en la evaluación de la Biomasa Microalgal*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. (Primera Edición), p. 17. Recuperado de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1403>
- Anyosa-Torres, L. (2019). *Remoción de coliformes termotolerantes del efluente del reactor UASB utilizando ozono*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. UNI-Tesis. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/21202>
- APHA (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 19th edition, Washington DC. 9-70 – 9-74.
- Bastidas, Oscar. (2014). *Conteo celular con Hematocitómetro*. Recuperado de <https://mural.uv.es/basgaros/Cell-counting-Neubauer-chamber.pdf>
- Beltrán, N. & Jiménez, B. (2000). Eficiencia de la luz ultravioleta para la desinfección de agua residual con alto contenido de patógenos. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/267789004>

- Borderie, F. (2014). Utilisation du rayonnement UV-C comme méthode alternative aux produits chimiques dans la lute et le contrôle de la prolifération des micro-organismes sur les matériaux du patrimoine. Ecologie, Environnement. [Université de Franche-Comté]. Français. Recuperado de <https://theses.hal.science/tel-01244642v1>
- Cartagena, J. & Malo, B. (2017). Evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la PTAR El Salitre a nivel laboratorio. [Tesis de grado, Fundacion Universidad de América]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6035>
- Cartajena, M., Carmona, J. & Perona, E. (2020). Aspecto ecológicos, taxonómicos y de distribucion de cianobacterias bentonicas en cinco rios de la region central de México. Acta Botánica Mexicana (127), e1639.
<https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1639>
- Chaparro-Rojas, G. V. (2017). Evaluación del suero lacteo en la produccion de biomasa y lipidos en la microalga *Chlorella Vulgaris* a escala de laboratorio. [Tesis de grado, Fundacion Universidad de América]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6585>
- Cognita Conecta. (13 de enero de 2025). Conteo celular de microalgas paso a paso. Recuperado de: <https://www.linkedin.com/pulse/conteo-celular-de-microalgas-paso-cognitaconecta-6f5me/?trackingId=pQ%2BkEnoeOxquodc%2FCFXUgQ%3D%3D>
- El Hachemi, O., El Halouani, H., Meziane, M., Torrens, A., Salgot, M., & Sbaa, M. (2012). Etude des performances épuratrices dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique (Oasis de Figuig-Maroc): Aspect bactérien et organique. Rev. Microbiol. Ind. San. Environn, 6, (1), 84-97. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/313038919>

- EL Shahawy, A., El-Shatoury, S., Bayomi, S. & El-Monayeri, D. (2018). Wastewater Disinfection Using Artificial Ultraviolet Rays Technology. *Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt*.
https://doi.org/10.1007/698_2018_306
- Fuhrmann, T. & Rudolph, K.U. (2009). Advanced disinfection of wastewater ponds' effluent by UV irradiation. [University of Witten/Herdecke (IEEM), Institute of Environmental Engineering and Management], Germany. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/237725890_Advanced_disinfection_of_wastewater_ponds' effluent by UV irradiation](https://www.researchgate.net/publication/237725890_Advanced_disinfection_of_wastewater_ponds'_effluent_by_UV_irradiation)
- Gehling, G. (2017). Lagoas de Estabilização. [Departamento de Obras Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Recuperado de http://avasan.com.br/pdf/cap9_lagoas_estabiliz.pdf
- Gehr*, R. & Hallmich, C. (2010). Effect of pre-and post -UV disinfection conditions on photoreactivation of fecal coliforms in wastewater effluents. *Water Research* 44 (2010) 2885 – 2893.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.02.003>
- González, Y., Gómez, G., Moeller-Chávez, G.E & Vidal, G. (2023). UV Disinfection Systems for Wastewater Treatment: Emphasis on Reactivation of Microorganism. *Sustainability*, 15, 11262.
<https://doi.org/10.3390/su151411262>
- Guo, M., Hu, H., Bolton, James, R., El-Din & M, G. (2008). Comparison of low- and medium-pressure ultraviolet lamps: Photoreactivation of Escherichia coli and total coliforms in secondary effluents of municipal wastewater treatment plants. *Water Research* 43 (2009), 815-821.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.11.028>
- Henriquez-Ramirez, J. A. (2018). Actividad Antioxidante de las microalgas Chlamydomonas sp. y Pediastrum sp. como respuesta a la radiación UV y altitud

- de origen. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. UNALM-Institucional. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3615>
- Liu, L., MacDougall, A., Hall, G., & Champagne, P. (2017). *Disinfection Performance in Wastewater Stabilization Ponds in Cold Climate Conditions: A Case Study in Nunavut, Canada* [Department of Civil Engineering, Queen's University].
<https://doi.org/10.3390/environments4040093>
- Li, Dong., Craik, Stephen., Smith, D. & Belosevic, D. (2008). The assessment of particle association and UV disinfection of wastewater using indigenous spore-forming bacteria. *Water Research* 43 (2009), 481-489.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.025>
- Masschelein, W. (2002). Ultraviolet Light in Water and Wastewater Sanitation. *Water & Wastewater Environmental Management*. EE. UU.
<https://doi.org/10.1201/9781315121345>
- Metcalf & Eddy. (2014). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.
- Nelson, K. (2000). Ultraviolet light disinfection of wastewater stabilization pond effluents. *Water Science and Technology*, 42, 165-170.
<https://doi.org/10.2166/wst.2000.0634>
- Noriega, P. (1999). *Manual de Tratamiento de Aguas Residuales*. (Tomo I).
- Ordoñez, S. M. (2021). Efectividad de la luz ultravioleta en el tratamiento de agua de subsuelo contaminada por coliformes fecales para fines agrícolas en la empresa Fagsol, Arequipa. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. UCV-Institucional. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63393>
- Pedroso, R. C., Beber de Souza, J., Kovalski, T., De Sousa, V. C. & Geronazzo, M. (2018). Inativação de microrganismos indicadores de contaminação fecal por radiação ultravioleta e avaliação dos fenômenos de fotorreativação e recuperação no escuro. Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná – Itati (PR), Brasil.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522018164557>

- Quispe-Quispe, K. K. (2023). Evaluacion de la capacidad depuradora con microalgas *Scenedesmus* sp. y *Chlorella* sp. para el tratamiento de aguas residuales domesticas a escala de laboratorio del distrito de Juliaca. [Tesis de maestria, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UANP. Recuperado de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21700>
- Rossel, L. J., Rossel, L. A., Ferro, M., Ferro, A. L. & Zapana, R. R. (2020). Radiacion ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potabl. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 68-77. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.537>
- Sánchez, M., Villalobos, N., Gutiérrez, E. & Caldera, Y. (2012). Diseño de un equipo de desinfección por luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización. [Revista Tecnocientifica URU, Universidad Rafael Urdaneta] Venezuela. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/282723534_Disenio_de_un_equipo_de_desinfeccion_por_luz_ultravioleta_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales_con_fines_de_reutilizacion/references
- Santos, B. T. & Souza, C. A. (2009). AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV NA INATIVAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E *Escherichia coli* NA ETE DO SUCURI – CUIABÁ/MT: Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, 383-394. Recuperado de <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=399>
- Souza, J. B., Vidal, C. M de S., Cavallini, G. S., Quartaroli, L., & Marcon, L. R. C. (2012). Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. *Semina: Ciências Exatas E Tecnológicas*, 33(2), 117-126. <https://doi.org/10.5433/1679-0375.2012v33n2p117>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ambito de las empresas prestadoras*, junio 2022: Recuperado de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/Informe%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20las%20PTAR.pdf?v=1654900510>

U.S. EPA (1999). Workshop on UV Disinfection of Drinking Water, Arlington, VA.

Anexos

Anexo 1: Recopilación de Fotos	1
Anexo 2: Ficha Técnica de Lámpara UV-C Philips 30W	3
Anexo 3: Matriz de Consistencia.....	4

Anexo 1: Recopilación de Fotos

Foto N°1: Toma de muestra de efluente de laguna facultativa.



Foto N°2: Dilución de muestra de 20L, previo a la desinfección UV

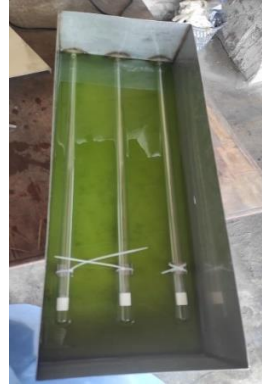


Foto N°3: Desinfección de muestra de 20L con luz UV-C.



Foto N°4: Conservación de muestras diluidas y desinfectadas.



Foto N°5: Preparación de medios A1 y peptona, pre-esterilización.



Foto N°6: Esterilización de medios en el autoclave.



Foto N°7: Tripleteo e inoculación de muestra contaminada.



Foto N°8: Colocación de muestras al baño maría previa incubación.



Foto N°9: Bomba de vacío para los Solidos Suspendedos Totales



Foto N°10: Precipitación de microalgas post desinfección (post 24hrs)



Foto N°11: Identificación y conteo de microalgas en microscopio



Foto N°12: Medición de parámetros físicos-químicos



Anexo 2: Ficha Técnica de Lámpara UV-C Philips 30W

FICHA TÉCNICA DE LA LÁMPARA GERMICIDA DE 30W.



TUV T8

TUV 30W 1SL/25

Lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión con una ampolla tubular de cristal

Datos del producto

Información general	
Base de casquillo	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Forma de la bombilla	T26 [T 26mm]
Aplicación principal	Desinfección
Vida útil (nom.)	9000 h
Descripción del sistema	na [-]
Datos técnicos de la luz	
Designación de color	- [No especificado]
Depreciación lumínica en vida útil	10 %
Operativos y eléctricos	
Power (Rated) (Nom)	30 W
Corriente de lámpara (nom.)	0.37 A
Voltaje (nom.)	102 V
Aprobación y aplicación	
Contenido de mercurio (Hg) (nom.)	2.0 mg

UV	
Radiación UV-C	12.0 W
Datos de producto	
Código de producto completo	871150072620940
Nombre de producto del pedido	TUV 30W 1SL/25
EAN/UPC - Producto	8711500726209
Código de pedido	72620940
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	25
N.º de material (12NC)	928039504005
Peso neto (pieza)	131.000 g

Anexo 3: Matriz de consistencia

“Efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	
¿Cuál es el efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI?	Evaluar el efecto de la concentración de microalgas en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI	A pesar de la elevada concentración de microalgas en el efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI, al exponer la muestra a radiación UV-C se prevé una remoción entre [99.00% - 99.90%] de coliformes termotolerantes o [2 – 3]unidades logarítmicas.	Concentración de microalgas	Disolución de muestra con agua destilada	Blanco (0), 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90	%	Tipo de investigación: Aplicada.
				Tiempo de contacto a UV-C	60	Seg.	Enfoque de investigación: Cuantitativo.
					90	Seg.	Diseño de investigación: Experimental.
					120	Seg.	Método de investigación: Explicativo.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	
• ¿Cómo varía la concentración de microalgas en función de la dilución de muestra con agua destilada y su impacto en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, en términos de la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos? • ¿Cómo influye el tiempo de contacto con radiación UV-C sobre la concentración de microalgas y la desinfección de aguas residuales domésticas en términos de la remoción de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos?	• Determinar la concentración de microalgas para distintas disoluciones de muestra con agua destilada y su efecto en la desinfección de las aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, considerando la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos • Analizar el impacto del tiempo de contacto con radiación UV-C en la concentración de microalgas y su influencia en la desinfección de aguas residuales domésticas, en términos de la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.	• La concentración de microalgas varía en función de la dilución de muestra con agua destilada, lo que influye en la desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta, variando los parámetros de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos. • El tiempo de contacto con radiación UV-C influye en la concentración de microalgas y en la eficiencia de la desinfección de aguas residuales domésticas, determinando la variación de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos.	Desinfección de aguas residuales domésticas mediante radiación ultravioleta	Conteo de microalgas	Concentración de microalgas	#Celulas/1m m3	Nivel de investigación: Explicativo.
				Coliformes Termotolerantes, [NMP/100ml]	Remoción de coliformes termotolerantes	Log[C0/CF]	Aguas residuales del efluente de la laguna facultativa del CITRAR-FIA-UNI
				Sólidos suspendidos totales	Eficiencia de remoción de SST	%	
				VARIABLES INTERVINIENTES	Temperatura (°C) pH Oxígeno Disuelto (mg/L) Transparencia Transmitancia Absorbancia		

Tabla 15

Concentración de microalgas bajo una dilución del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 19/09/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	330	82.5	83	8.3E+05	1.7E+05	1.7E+02	652
		euglena	114	28.5	29	2.9E+05	5.8E+04	5.8E+01	
	Pequeñas	euglena mediana	7	1.75	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	17	17	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	
		16 cel	195	195	195	2.0E+06	3.9E+05	3.9E+02	
Dilucion 10%	Grandes	lepocinclis	65	16.25	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	542
		euglena	32	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
	Pequeñas	euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		16 cel	240	240	240	2.4E+06	4.8E+05	4.8E+02	
60seg	Grandes	lepocinclis	143	35.75	36	3.6E+05	7.2E+04	7.2E+01	778
		euglena	105	26.25	27	2.7E+05	5.4E+04	5.4E+01	
	Pequeñas	euglena mediana	14	3.5	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorella	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		16 cel	314	314	314	3.1E+06	6.3E+05	6.3E+02	

Tabla 16

Concentración de microalgas bajo una dilución del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 24/09/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	383	95.75	96	9.6E+05	1.9E+05	1.9E+02	410
		euglena	130	32.5	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	
		euglena mediana	11	2.75	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		4 cel	48	48	48	4.8E+05	9.6E+04	9.6E+01	
		Oscillatoria	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Dilucion 10%	Grandes	lepocinclis	394	98.5	99	9.9E+05	2.0E+05	2.0E+02	368
		euglena	42	10.5	11	1.1E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		4 cel	48	48	48	4.8E+05	9.6E+04	9.6E+01	
		Oscillatoria	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
90seg	Grandes	lepocinclis	354	88.5	89	8.9E+05	1.8E+05	1.8E+02	410
		euglena	99	24.75	25	2.5E+05	5.0E+04	5.0E+01	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	14	14	14	1.4E+05	2.8E+04	2.8E+01	
		Arthrospira Jenneri	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		4 cel	57	57	57	5.7E+05	1.1E+05	1.1E+02	

Tabla 17

Concentración de microalgas bajo una dilución del 10% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 29/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	1130	282.5	283	2.8E+06	5.7E+05	5.7E+02	866
		euglena	198	49.5	50	5.0E+05	1.0E+05	1.0E+02	
		euglena mediana	33	8.25	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		chlorella	10	10	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		4 cel	28	28	28	2.8E+05	5.6E+04	5.6E+01	
		Golenkiana	33	33	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	
		Chlorococum Phycokey	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Nitzschia Bacillariophyceae	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Dilucion 10%	Grandes	lepocinclis	486	121.5	122	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	2056
		euglena	95	23.75	24	2.4E+05	4.8E+04	4.8E+01	
		euglena mediana	13	3.25	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	19	19	19	1.9E+05	3.8E+04	3.8E+01	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		4 cel	17	17	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	
		Oscillatoria	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Golenkiana	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		120seg	Grandes	lepocinclis	2692	673	673	6.7E+06	
euglena	199			49.75	50	5.0E+05	1.0E+05	1.0E+02	
euglena mediana	132			33	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	
chlorella	12			12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
Pequeñas	16 cel		21	21	21	2.1E+05	4.2E+04	4.2E+01	
	Arthrospira Jenneri		8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
	Golenkiana		25	25	25	2.5E+05	5.0E+04	5.0E+01	

Tabla 18

Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentraci3n de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Mi3rcoles 02/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	477	119.25	120	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	932.00
		euglena	161	40.25	41	4.1E+05	8.2E+04	8.2E+01	
		euglena mediana	15	3.75	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		16 cel	222	222	222	2.2E+06	4.4E+05	4.4E+02	
		Golenkiana	58	58	58	5.8E+05	1.2E+05	1.2E+02	
		Arthrospira Jenneri	9	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
Dilucion 20%	Grandes	lepocinclis	510	127.5	128	1.3E+06	2.6E+05	2.6E+02	710.00
		euglena	91	22.75	23	2.3E+05	4.6E+04	4.6E+01	
		euglena mediana	13	3.25	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorella	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
	Pequeñas	16 cel	121	121	121	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	
		Golenkiana	61	61	61	6.1E+05	1.2E+05	1.2E+02	
		Arthrospira Jenneri	9	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		Scenedesmus incrassatulus	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Coelastrum	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
60seg	Grandes	lepocinclis	894	223.5	224	2.2E+06	4.5E+05	4.5E+02	840.00
		euglena	159	39.75	40	4.0E+05	8.0E+04	8.0E+01	
		euglena mediana	39	9.75	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		chlorella	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	83	83	83	8.3E+05	1.7E+05	1.7E+02	
		Golenkiana	36	36	36	3.6E+05	7.2E+04	7.2E+01	
		Arthrospira Jenneri	22	22	22	2.2E+05	4.4E+04	4.4E+01	
		monoraphidium griffithii	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	

Tabla 19

Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentraci3n de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 15/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	67	16.75	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	386
		euglena	185	46.25	47	4.7E+05	9.4E+04	9.4E+01	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	85	85	85	8.5E+05	1.7E+05	1.7E+02	
		Golenkiana	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	10	10	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		chlorococum	9	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		8 cel	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		4 cel	9	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
Dilucion 20%	Grandes	lepocinclis	130	32.5	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	462
		euglena	337	84.25	85	8.5E+05	1.7E+05	1.7E+02	
		euglena mediana	9	2.25	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	53	53	53	5.3E+05	1.1E+05	1.1E+02	
		Golenkiana	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Arthrospira Jenneri	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		8 cel	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		4 cel	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		monoraphidium griffithii	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
90seg	Grandes	lepocinclis	512	128	128	1.3E+06	2.6E+05	2.6E+02	902
		euglena	319	79.75	80	8.0E+05	1.6E+05	1.6E+02	
		euglena mediana	11	2.75	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	143	143	143	1.4E+06	2.9E+05	2.9E+02	
		Golenkiana	9	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		Arthrospira Jenneri	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	36	36	36	3.6E+05	7.2E+04	7.2E+01	
		8 cel	24	24	24	2.4E+05	4.8E+04	4.8E+01	
		4 cel	20	20	20	2.0E+05	4.0E+04	4.0E+01	
		Nitzschia Bacillariophyceae	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	

Tabla 20

Concentración de microalgas bajo una dilución del 20% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentraci3n de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 17/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	267	66.75	67	6.7E+05	1.3E+05	1.3E+02	386
		euglena	178	44.5	45	4.5E+05	9.0E+04	9.0E+01	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	72	72	72	7.2E+05	1.4E+05	1.4E+02	
		chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		2 cel brillantes	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
Dilucion 20%	Grandes	lepocinclis	239	59.75	60	6.0E+05	1.2E+05	1.2E+02	338
		euglena	131	32.75	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	
		euglena mediana	12	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		16 cel	65	65	65	6.5E+05	1.3E+05	1.3E+02	
	Pequeñas	chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		monoraphidium griffithii	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Desmodesmus bicaudatus	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Chlororocum Phycokey	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
120seg	Grandes	lepocinclis	1103	275.75	276	2.8E+06	5.5E+05	5.5E+02	1012
		euglena	128	32	32	3.2E+05	6.4E+04	6.4E+01	
		euglena mediana	33	8.25	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	164	164	164	1.6E+06	3.3E+05	3.3E+02	
	Pequeñas	Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		spirogira	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Desmodesmus bicaudatus	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		monoraphidium griffithii	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		2 cel brillantes	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		Micractinium	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	

Tabla 21

Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentraci3n de Microalgas Lunes 21/10/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	943	235.75	236	2.4E+06	4.7E+05	4.7E+02	908
		euglena	262	65.5	66	6.6E+05	1.3E+05	1.3E+02	
		euglena mediana	21	5.25	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		chlorella	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	118	118	118	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	
		Golenkiana	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	17	17	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Nitzschia Bacillariophyceae	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Dilucion 30%	Grandes	lepocinclis	449	112.25	113	1.1E+06	2.3E+05	2.3E+02	566
		euglena	177	44.25	45	4.5E+05	9.0E+04	9.0E+01	
		euglena mediana	18	4.5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		chlorella	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	108	108	108	1.1E+06	2.2E+05	2.2E+02	
		Golenkiana	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Nitzschia Bacillariophyceae	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
60seg	Grandes	lepocinclis	973	243.25	244	2.4E+06	4.9E+05	4.9E+02	798
		euglena	54	13.5	14	1.4E+05	2.8E+04	2.8E+01	
		euglena mediana	10	2.5	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	113	113	113	1.1E+06	2.3E+05	2.3E+02	
		Golenkiana	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		Desmodesmus Maximus	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	

Tabla 22

Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas Viernes 25/10/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	27	6.75	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	152
		euglena	69	17.25	18	1.8E+05	3.6E+04	3.6E+01	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		16 cel	28	28	28	2.8E+05	5.6E+04	5.6E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	11	11	11	1.1E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		Micractinium	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		Nitzschia Bacillariophyceae	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
Dilucion 30%	Grandes	lepocinclis	13	3.25	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	46
		euglena	41	10.25	11	1.1E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		16 cel	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	chlorococum	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Micractinium	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
90seg	Grandes	lepocinclis	46	11.5	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	120
		euglena	96	24	24	2.4E+05	4.8E+04	4.8E+01	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Micractinium	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	

Tabla 23

Concentración de microalgas bajo una dilución del 30% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas Martes 29/10/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	16	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	336
		euglena	340	85	85	8.5E+05	1.7E+05	1.7E+02	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
	Pequeñas	16 cel	47	47	47	4.7E+05	9.4E+04	9.4E+01	
		Golenkiana	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	11	11	11	1.1E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		chlorococum	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Coelastrum	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		monoraphidium griffithii	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Dilucion 30%	Grandes	lepocinclis	38	9.5	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	262
		euglena	292	73	73	7.3E+05	1.5E+05	1.5E+02	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
	Pequeñas	16 cel	31	31	31	3.1E+05	6.2E+04	6.2E+01	
		Golenkiana	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Chlororocum Phycokey	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
120seg	Grandes	lepocinclis	129	32.25	33	3.3E+05	6.6E+04	6.6E+01	374
		euglena	479	119.75	120	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	21	21	21	2.1E+05	4.2E+04	4.2E+01	
		Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Coelastrum sp	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Oscillatoria	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	

Tabla 24

Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 31/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	13	3.25	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena	312	78	78	7.8E+05	1.6E+05	1.6E+02	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	63	63	63	6.3E+05	1.3E+05	1.3E+02	
		Golenkiana	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Arthrospira Jenneri	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	346
Dilucion 40%	Grandes	lepocinclis	12	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		euglena	151	37.75	38	3.8E+05	7.6E+04	7.6E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
	Pequeñas	16 cel	47	47	47	4.7E+05	9.4E+04	9.4E+01	
		Golenkiana	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	216
60seg	Grandes	lepocinclis	16	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena	60	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	27	27	27	2.7E+05	5.4E+04	5.4E+01	
		Golenkiana	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Chlororocum Phycokye	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	116

Tabla 25

Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 05/11/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	21	5.25	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		euglena	329	82.25	83	8.3E+05	1.7E+05	1.7E+02	
		euglena mediana	9	2.25	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		16 cel	34	34	34	3.4E+05	6.8E+04	6.8E+01	
		Golenkiana	10	10	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	31	31	31	3.1E+05	6.2E+04	6.2E+01	
		Coelastrum proboscideum	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	378
Dilucion 40%	Grandes	lepocinclis	18	4.5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		euglena	233	58.25	59	5.9E+05	1.2E+05	1.2E+02	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		16 cel	14	14	14	1.4E+05	2.8E+04	2.8E+01	
		Golenkiana	11	11	11	1.1E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		Arthrospira Jenneri	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	17	17	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01	
		Coelastrum proboscideum	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	264
90seg	Grandes	lepocinclis	36	9	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		euglena	156	39	39	3.9E+05	7.8E+04	7.8E+01	
		euglena mediana	21	5.25	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
	Pequeñas	chlorella	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		16 cel	37	37	37	3.7E+05	7.4E+04	7.4E+01	
		Golenkiana	25	25	25	2.5E+05	5.0E+04	5.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		chlorococum	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		Scenedesmus quadrispina	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	316

Tabla 26

Concentración de microalgas bajo una dilución del 40% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 07/10/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	17	4.25	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	510
		euglena	266	66.5	67	6.7E+05	1.3E+05	1.3E+02	
		chlorella	10	10	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		16 cel	129	129	129	1.3E+06	2.6E+05	2.6E+02	
	Pequeñas	Golenkiana	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Arthrospira Jenneri	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	23	23	23	2.3E+05	4.6E+04	4.6E+01	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
Coelastrum proboscideum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01			
Dilucion 40%	Grandes	lepocinclis	24	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	428
		euglena	478	119.5	120	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	
		chlorella	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		16 cel	44	44	44	4.4E+05	8.8E+04	8.8E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	8	8	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Coelastrum proboscideum	12	12	12	1.2E+05	2.4E+04	2.4E+01	
120seg	Grandes	lepocinclis	38	9.5	10	1.0E+05	2.0E+04	2.0E+01	630
		euglena	289	72.25	73	7.3E+05	1.5E+05	1.5E+02	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	14	14	14	1.4E+05	2.8E+04	2.8E+01	
	Pequeñas	16 cel	146	146	146	1.5E+06	2.9E+05	2.9E+02	
		Golenkiana	35	35	35	3.5E+05	7.0E+04	7.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	14	14	14	1.4E+05	2.8E+04	2.8E+01	
Coelastrum proboscideum	17	17	17	1.7E+05	3.4E+04	3.4E+01			

Tabla 27

Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 19/11/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	9	2.25	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	216
		euglena	118	29.5	30	3.0E+05	6.0E+04	6.0E+01	
		euglena mediana	6	1.5	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	45	45	45	4.5E+05	9.0E+04	9.0E+01	
		Golenkiana	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	18	18	18	1.8E+05	3.6E+04	3.6E+01	
Dilucion 50%	Grandes	lepocinclis	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	96
		euglena	60	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	23	23	23	2.3E+05	4.6E+04	4.6E+01	
		Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
60seg	Grandes	lepocinclis	19	4.75	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	98
		euglena	78	19.5	20	2.0E+05	4.0E+04	4.0E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	15	15	15	1.5E+05	3.0E+04	3.0E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Scenedesmus incrassatulus		1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00		

Tabla 28

Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 21/11/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	30	7.5	8	8.0E+04	1.6E+04	1.6E+01	540
		euglena	399	99.75	100	1.0E+06	2.0E+05	2.0E+02	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	122	122	122	1.2E+06	2.4E+05	2.4E+02	
		Golenkiana	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	
Dilucion 50%	Grandes	lepocinclis	15	3.75	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	314
		euglena	262	65.5	66	6.6E+05	1.3E+05	1.3E+02	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	57	57	57	5.7E+05	1.1E+05	1.1E+02	
		Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
90seg	Grandes	Lyngbia	16	16	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	182
		lepocinclis	33	8.25	9	9.0E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		euglena	140	35	35	3.5E+05	7.0E+04	7.0E+01	
		euglena mediana	5	1.25	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		16 cel	37	37	37	3.7E+05	7.4E+04	7.4E+01	
		Golenkiana	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	4	4	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		tetrastrum	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	

Tabla 29

Concentración de microalgas bajo una dilución del 50% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas Martes 26/11/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	13	3.25	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	1668
		euglena	163	40.75	41	4.1E+05	8.2E+04	8.2E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.0E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	671	671	671	6.7E+06	1.3E+06	1.3E+03	
		Golenkiana	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Arthrospira Jenneri	7	7	7	7.0E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		chlorococum	96	96	96	9.6E+05	1.9E+05	1.9E+02	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	1	1	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
Dilucion 50%	Grandes	lepocinclis	15	3.75	4	4.0E+04	8.0E+03	8.0E+00	738
		euglena	199	49.75	50	5.0E+05	1.0E+05	1.0E+02	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	285	285	285	2.9E+06	5.7E+05	5.7E+02	
		Golenkiana	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.0E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	20	20	20	2.0E+05	4.0E+04	4.0E+01	
120seg	Grandes	lepocinclis	63	15.75	16	1.6E+05	3.2E+04	3.2E+01	1438
		euglena	311	77.75	78	7.8E+05	1.6E+05	1.6E+02	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.0E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	590	590	590	5.9E+06	1.2E+06	1.2E+03	
		Golenkiana	3	3	3	3.0E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	6	6	6	6.0E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		chlorococum	19	19	19	1.9E+05	3.8E+04	3.8E+01	

Tabla 30

Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 28/11/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	7	1.75	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	2238
		euglena	46	11.5	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	13	13	13	1.30E+05	2.6E+04	2.6E+01	
	16 cel	978	978	978	9.78E+06	2.0E+06	2.0E+03		
	Golenkiana	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01		
	Pequeñas	Arthrospira Jenneri	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		chlorococum	94	94	94	9.40E+05	1.9E+05	1.9E+02	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
Dilucion 60%	Grandes	lepocinclis	5	1.25	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	1032
		euglena	37	9.25	10	1.00E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	16 cel	435	435	435	4.35E+06	8.7E+05	8.7E+02		
	Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01		
	Pequeñas	Arthrospira Jenneri	7	7	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		chlorococum	49	49	49	4.90E+05	9.8E+04	9.8E+01	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		60seg	Grandes	lepocinclis	5	1.25	2	2.00E+04	
euglena	13			3.25	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
euglena mediana	1			0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
chlorella	5			5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
16 cel	171		171	171	1.71E+06	3.4E+05	3.4E+02		
Golenkiana	3		3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00		
Pequeñas	Arthrospira Jenneri		10	10	10	1.00E+05	2.0E+04	2.0E+01	
	chlorococum		18	18	18	1.80E+05	3.6E+04	3.6E+01	
	Closterium aciculare T. West		2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Diatomea		1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	

Tabla 31

Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 03/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	17	4.25	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	1036
		euglena	32	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		euglena mediana	16	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	47	47	47	4.70E+05	9.4E+04	9.4E+01	
		Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	15	15	15	1.50E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		Closterium aciculare T. West	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	425	425	425	4.25E+06	8.5E+05	8.5E+02	
Dilucion 60%	Grandes	lepocinclis	8	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	620
		euglena	20	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		euglena mediana	18	4.5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	7	7	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	273	273	273	2.73E+06	5.5E+05	5.5E+02	
90seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	534
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	16	16	16	1.60E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	9	9	9	9.00E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		phacus pusillus	235	235	235	2.35E+06	4.7E+05	4.7E+02	

Tabla 32

Concentración de microalgas bajo una dilución del 60% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentraci3n de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 05/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	8	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	572
		euglena	14	3.5	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	23	23	23	2.30E+05	4.6E+04	4.6E+01	
		16 cel	23	23	23	2.30E+05	4.6E+04	4.6E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	220	220	220	2.20E+06	4.4E+05	4.4E+02	
Dilucion 60%	Grandes	lepocinclis	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	374
		euglena	7	1.75	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	15	15	15	1.50E+05	3.0E+04	3.0E+01	
		16 cel	14	14	14	1.40E+05	2.8E+04	2.8E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	148	148	148	1.48E+06	3.0E+05	3.0E+02	
120seg	Grandes	lepocinclis	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	412
		euglena	3	0.75	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		16 cel	17	17	17	1.70E+05	3.4E+04	3.4E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	11	11	11	1.10E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		Closterium aciculare T. West	165	165	165	1.65E+06	3.3E+05	3.3E+02	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	

Tabla 33

Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Miercoles 11/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	5	1.25	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	16	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	7	7	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
	Pequeñas	16 cel	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Golenkiana	24	24	24	2.40E+05	4.8E+04	4.8E+01	
		chlorococum	18	18	18	1.80E+05	3.6E+04	3.6E+01	
		Closterium aciculare T. West	13	13	13	1.30E+05	2.6E+04	2.6E+01	
		Actinastrum Phycokey	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Micractinium pusillum	10	10	10	1.00E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		Cosmarium sp	10	10	10	1.00E+05	2.0E+04	2.0E+01	204.00
Dilucion 70%	Grandes	lepocinclis	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	25	6.25	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		euglena mediana	3	0.75	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Golenkiana	10	10	10	1.00E+05	2.0E+04	2.0E+01	
		chlorococum	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Scenedesmus quadripina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Cosmarium sp	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	88.00
60seg	Grandes	lepocinclis	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Golenkiana	11	11	11	1.10E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		chlorococum	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Closterium aciculare T. West	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Cosmarium sp	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Coelastrum proboscideum	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	96.00

Tabla 34

Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Viernes 13/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	32	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		euglena	25	6.25	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		euglena mediana	6	1.5	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
		Closterium aciculare T. West	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Scenedesmus quadrispina	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	18	18	18	1.80E+05	3.6E+04	3.6E+01	140.00
Dilucion 70%	Grandes	lepocinclis	12	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		euglena	10	2.5	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		chlorococum	7	7	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	
		phacus pusillus	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	72.00
90seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	14	14	14	1.40E+05	2.8E+04	2.8E+01	
		Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Arthrospira Jenneri	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		chlorococum	9	9	9	9.00E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		phacus pusillus	59	59	59	5.90E+05	1.2E+05	1.2E+02	194.00

Tabla 35

Concentración de microalgas bajo una dilución del 70% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Lunes 16/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	7	1.75	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	14	3.5	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	16 cel	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Desmodesmus bicaudatus	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	120	120	120	1.20E+06	2.4E+05	2.4E+02	294.00
Dilucion 70%	Grandes	lepocinclis	3	0.75	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		16 cel	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	9	9	9	9.00E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	56	56	56	5.60E+05	1.1E+05	1.1E+02	148.00
120seg	Grandes	lepocinclis	6	1.5	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	7	1.75	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	16	16	16	1.60E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		16 cel	19	19	19	1.90E+05	3.8E+04	3.8E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	22	22	22	2.20E+05	4.4E+04	4.4E+01	
		Crucigenia Quadrata	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		phacus pusillus	136	136	136	1.36E+06	2.7E+05	2.7E+02	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	412.00

Tabla 36

Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas Miercoles 18/12/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	16	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	624.00
		euglena	13	3.25	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	29	29	29	2.90E+05	5.8E+04	5.8E+01	
		Golenkiana	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	257	257	257	2.57E+06	5.1E+05	5.1E+02	
Dilucion 80%	Grandes	lepocinclis	12	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	228.00
		euglena	8	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	96	96	96	9.60E+05	1.9E+05	1.9E+02	
60seg	Grandes	lepocinclis	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	214.00
		euglena	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		16 cel	12	12	12	1.20E+05	2.4E+04	2.4E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	11	11	11	1.10E+05	2.2E+04	2.2E+01	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		phacus pusillus	73	73	73	7.30E+05	1.5E+05	1.5E+02	

Tabla 37

Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentraci3n de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Viernes 20/12/2024			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	10	2.5	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		euglena	6	1.5	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	6	1.5	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		16 cel	44	44	44	4.40E+05	8.8E+04	8.8E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	16	16	16	1.60E+05	3.2E+04	3.2E+01	
		Crucigenia Quadrata	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		chlorococum	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Closterium aciculare T. West	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
phacus pusillus		277	277	277	2.77E+06	5.5E+05	5.5E+02	728.00	
Dilucion 80%	Grandes	lepocinclis	5	1.25	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		16 cel	11	11	11	1.10E+05	2.2E+04	2.2E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	102	102	102	1.02E+06	2.0E+05	2.0E+02	250.00
90seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	16	16	16	1.60E+05	3.2E+04	3.2E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		phacus pusillus	42	42	42	4.20E+05	8.4E+04	8.4E+01	142.00

Tabla 38

Concentración de microalgas bajo una dilución del 80% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentraci3n de Microalgas viernes 27/12/2024			Σ de cuadrantes	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ [N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	25	6.25	7	7.00E+04	1.4E+04	1.4E+01	578.00
		euglena	19	4.75	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		euglena mediana	9	2.25	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		16 cel	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Crucigenia Quadrata	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	254	254	254	2.54E+06	5.1E+05	5.1E+02	
Dilucion 80%	Grandes	lepocinclis	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	172.00
		euglena	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		16 cel	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	72	72	72	7.20E+05	1.4E+05	1.4E+02	
120seg	Grandes	lepocinclis	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	236.00
		euglena	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
	Pequeñas	chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		16 cel	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Arthrospira Jenneri	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		phacus pusillus	96	96	96	9.60E+05	1.9E+05	1.9E+02	
		Coelastrum proboscideum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	

Tabla 39

Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 09/01/2025			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	6	1.5	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	7	1.75	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	2	0.5	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	36	36	36	3.60E+05	7.2E+04	7.2E+01	
		Golenkiana	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		phacus pusillus	315	315	315	3.15E+06	6.3E+05	6.3E+02	734.00
Dilucion 90%	Grandes	lepocinclis	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	116	116	116	1.16E+06	2.3E+05	2.3E+02	256.00
60seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	16 cel	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Golenkiana	9	9	9	9.00E+04	1.8E+04	1.8E+01	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	75	75	75	7.50E+05	1.5E+05	1.5E+02	180.00

Tabla 40

Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Martes 14/01/2025			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
	16 cel	25	25	25	2.50E+05	5.0E+04	5.0E+01		
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
phacus pusillus		410	410	410	4.10E+06	8.2E+05	8.2E+02	904.00	
Dilucion 90%	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	16 cel	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00		
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		phacus pusillus	123	123	123	1.23E+06	2.5E+05	2.5E+02	252.00
90seg		Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00
	euglena		0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
	euglena mediana		0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
	Pequeñas	Golenkiana	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		phacus pusillus	16	16	16	1.60E+05	3.2E+04	3.2E+01	38.00

Tabla 41

Concentración de microalgas bajo una dilución del 90% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Jueves 16/01/2025			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	950.00
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		16 cel	21	21	21	2.10E+05	4.2E+04	4.2E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
		Desmodesmus bicaudatus	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
phacus pusillus		436	436	436	4.36E+06	8.7E+05	8.7E+02		
Dilucion 90%	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	218.00
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	5	5	5	5.00E+04	1.0E+04	1.0E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		chlorococum	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	95	95	95	9.50E+05	1.9E+05	1.9E+02	
120seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	30.00
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	chlorococum	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	13	13	13	1.30E+05	2.6E+04	2.6E+01	

Tabla 42

Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 60seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Miercoles 22/01/2025			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		16 cel	33	33	33	3.30E+05	6.6E+04	6.6E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Micractinium pusillum	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		phacus pusillus	301	301	301	3.01E+06	6.0E+05	6.0E+02	698.00
60seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		16 cel	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
	Pequeñas	Golenkiana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Micractinium pusillum	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	282	282	282	2.82E+06	5.6E+05	5.6E+02	
		Coelastrum proboscideum	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	572.00

Tabla 43

Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 90seg.

Concentracion de Microalgas			Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ
Viernes 24/01/2025			cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas
Blanco	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
		16 cel	33	33	33	3.30E+05	6.6E+04	6.6E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
phacus pusillus		301	301	301	3.01E+06	6.0E+05	6.0E+02	702.00	
90seg	Grandes	lepocinclis	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		16 cel	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
	Pequeñas	Golenkiana	8	8	8	8.00E+04	1.6E+04	1.6E+01	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		phacus pusillus	509	509	509	5.09E+06	1.0E+06	1.0E+03	1034.00

Tabla 44

Concentración de microalgas bajo una dilución del 0% y un tiempo de exposición UV-C de 120seg.

Concentracion de Microalgas		Σ de	Promedio	Redondeo	cel/ml[C2]	cel/ml[C1]	N°cel/1mm3	Σ	
Martes 28/01/2025		cuadrantes						[N°cel/1mm3] algas	
Blanco	Grandes	lepocinclis	3	0.75	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena	5	1.25	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena mediana	1	0.25	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		chlorella	4	4	4	4.00E+04	8.0E+03	8.0E+00	
		16 cel	37	37	37	3.70E+05	7.4E+04	7.4E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		Scenedesmus quadrispina	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	3	3	3	3.00E+04	6.0E+03	6.0E+00	
		chlorococum	6	6	6	6.00E+04	1.2E+04	1.2E+01	
phacus pusillus		559	559	559	5.59E+06	1.1E+06	1.1E+03	1228.00	
120seg	Grandes	lepocinclis	5	1.25	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		euglena	4	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		euglena mediana	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorella	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		16 cel	14	14	14	1.40E+05	2.8E+04	2.8E+01	
	Pequeñas	Golenkiana	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Arthrospira Jenneri	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		chlorococum	2	2	2	2.00E+04	4.0E+03	4.0E+00	
		Crucigenia Quadrata	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	
		phacus pusillus	602	602	602	6.02E+06	1.2E+06	1.2E+03	
		Coelastrum proboscideum	0	0	0	0.00E+00	0.0E+00	0.0E+00	
		Closterium aciculare T. West	1	1	1	1.00E+04	2.0E+03	2.0E+00	1254.00