



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENDESMUS EN LA REMOCIÓN
DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA
DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN
LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LIZBETH QUENALLATA POMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN
DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA
DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN
LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LIZBETH QUENALLATA POMA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1567-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 16780 presentado por el (la) Bachiller: **LIZBETH QUENALLATA POMA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **LIZBETH QUENALLATA POMA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **LIZBETH QUENALLATA POMA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 29 de noviembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Efraín Castillo Rosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Investigación



RESOLUCIÓN DECANAL N° 965-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 10524 por el señor (a): **LIZBETH QUENALLATA POMA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 930 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 051 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LIZBETH QUENALLATA POMA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 051 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **LIZBETH QUENALLATA POMA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. WILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraín Pajillo Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 490-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 7191, presentado por el (la) Bachiller **LIZBETH QUENALLATA POMA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 046-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **LIZBETH QUENALLATA POMA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 046-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efrain Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado a (el) o (la) Bachiller: **LIZBETH QUENALLATA POMA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 046-2023-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de noviembre del 2023

VISTO: El expediente N° 2023-CU- 0293, presentado por el señor (a) **LIZBETH QUENALLATA POMA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, el PROVEIDO - N° N° 180-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 09 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **LIZBETH QUENALLATA POMA**, ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 09-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **LIZBETH QUENALLATA POMA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2023
interesado (a)



EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

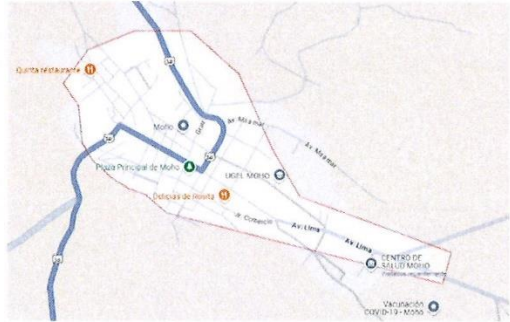
1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.unica.cu Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EFICIENCIA DE LA MIGROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LIZBETH QUENALLATA POMA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75517884
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2584-3200
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Moho Distrito: Moho Coordenadas: Latitud: -15.3589767 Longitud: -69.5007723 URL Maps: https://maps.app.goo.gl/FwBe5JVwycHtGP9Z7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>

UNIVERSIDAD ANTONIO MESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 DIRECTOR
 Dr. Efraín Raylló Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, LIZBETH QUENALLATA POMA, identificado con DNI
Nro. 75517884, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
 Programa de Segunda Especialidad,
 Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico
denominada:

EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA

BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES

TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 03 de DICIEMBRE del 2024



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres que siempre demostraron valentía, este logro es una prueba de su inmenso amor y dedicación. Fue muy importante las lecciones de vida que me impartieron y el cariño que siempre me han dado. Mi profunda gratitud es imposible de expresar completamente. Esta tesis es un tributo hacia ustedes ya que siento una admiración profunda. Gracias por se los mejores padres del mundo.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, mi gratitud a mis padres por su apoyo constante, que me permitió alcanzar todos mis objetivos personales y académicos. Fueron ellos quienes me colmaron de cariño y paciencia, siempre animándome a perseguir mis sueños y a nunca renunciar que me rindiera a pesar de las adversidades que se atravesaron durante los años de estudios universitarios. También me han brindado apoyo económico y material para así poder concentrarme en mis estudios y nunca abandonarlos.

También mi más sincero agradecimiento a mi asesor por su paciencia y sabiduría. Sus enseñanzas y correcciones detalladas fueron fundamentales para mi progreso, y gracias a su guía llegué a esta instancia tan deseada. Sus consejos me acompañarán en mi futuro profesional.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis.....	4



- 1.5.1. Hipótesis general..... 4
- 1.5.2. Hipótesis específica..... 4
- 1.6. Variables..... 5
 - 1.6.1. Variable independiente..... 5
 - 1.6.2. Variable dependiente..... 5
- 1.7. Operacionalización de variables 5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación..... 6
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales 6
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales 9
 - 2.1.3. Antecedentes regionales..... 10
- 2.2. Marco teórico..... 11
 - 2.2.1. Agua residual..... 11
 - 2.2.2. Aguas residuales domesticas..... 12
 - 2.2.3. Contaminación de aguas residuales 12
 - 2.2.4. Componentes de aguas residuales..... 12
 - 2.2.5. Composición y características de las aguas residuales 14
 - 2.2.6. Tratamiento de aguas residuales 16
 - 2.2.7. Aplicación y microalgas en el tratamiento de aguas residuales .. 16
 - 2.2.8. Remoción de contaminantes con sistemas de microalgas 17



- 2.2.9. Tipos de efluentes y sistemas de microalgas 17
- 2.2.10. Reducción de la demanda química y bioquímica de oxígeno..... 18
- 2.2.11. Remoción de coliformes 19
- 2.2.12. Sistema de tratamiento y su efectividad de remoción 19
- 2.2.13. Requerimiento para el cultivo de microalgas 20
- 2.2.14. Factores que influyen el desarrollo de las microalgas 20
- 2.3. Marco conceptual 23
 - 2.3.1. Agua residual..... 23
 - 2.3.2. Agua residual domestica 23
 - 2.3.3. Microalga 23
 - 2.3.4. pH 23
 - 2.3.5. Cámara de Neubauer 23

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Tipo de investigación..... 24
- 3.2. Enfoque de la investigación 24
 - El estudio se centra en un enfoque cuantitativo..... 24
- 3.3. Nivel de investigación..... 24
- 3.4. Técnicas e instrumentos 24
 - 3.4.1. Técnicas 24
 - 3.4.2. Instrumentos 25



3.5. Ubicación de la zona de investigación	25
3.6. Población y muestra	26
3.6.1. Población	26
3.6.2. Muestra.....	26
3.7. Materiales y equipos	27
3.7.1. Materiales	27
3.7.2. Equipos.....	27
3.7.3. Reactivos	27
3.8. Procedimiento metodológico	28

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.....	35
Resultado de análisis estadístico	53
4.2. Discusiones	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	70



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	5
Tabla 2 Características de las aguas residuales y fuentes de origen.	15
Tabla 3 Parámetros y métodos de evaluación.....	29
Tabla 4 Resultados de los análisis iniciales	35
Tabla 5 Resultados de temperatura	36
Tabla 6 Resultados de pH.....	37
Tabla 7 Control de crecimiento de la microalga	38
Tabla 8 Resultados del tratamiento del día 7.....	40
Tabla 9 Resultados de la réplica del tratamiento del día 7.....	40
Tabla 10 Resultados del tratamiento del día 8.....	41
Tabla 11 Resultados de la réplica del tratamiento del día 8.....	41
Tabla 12 Resultados del tratamiento del día 9.....	41
Tabla 13 Resultados de la réplica del tratamiento del día 9.....	42
Tabla 14 Resultados del tratamiento del día 10.....	42
Tabla 15 Resultados de la réplica del tratamiento del día 10.....	42
Tabla 16 Resultados del promedio del tratamiento del día 7.....	43
Tabla 17 Resultados del promedio del tratamiento del día 8.....	43
Tabla 18 Resultados del promedio del tratamiento del día 9.....	44
Tabla 19 Resultados del promedio del tratamiento del día 10.....	45
Tabla 20 Resultados de la temperatura frente al resultado inicial.....	45



Tabla 21	Resultados de pH frente al resultado inicial.....	47
Tabla 22	Resultados de la DQO frente al resultado inicial	48
Tabla 23	Resultados de la DBO frente al resultado inicial.....	49
Tabla 24	Resultados de coliformes termotolerantes frente al resultado inicial.	50
Tabla 25	Porcentaje de remoción al 8vo día al 30%.....	52
Tabla 26	Porcentaje de remoción al 8vo día al 50%.....	52
Tabla 27	Porcentaje de remoción al 10mo día al 15%	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación	25
Figura 2 Punto de muestreo.....	26
Figura 3 Toma de muestra.....	28
Figura 4 Adecuación del acondicionamiento de las microalgas.....	31
Figura 5 Control del crecimiento microalgal.....	32
Figura 6 Control de temperatura y pH	32
Figura 7 Agua residual tratada decantada.....	33
Figura 8 Analisis de muestras tratadas.....	34
Figura 9 Curva de crecimiento de microalga Scenedesmus	39
Figura 10 Comportamiento de temperatura durante el tratamiento	46
Figura 11 Resultados del pH durante el tratamiento	47
Figura 12 Resultados de la DQO frente al resultado inicial.....	48
Figura 13 Resultados de la DBO frente al resultado inicial	49
Figura 14 Resultados de coliformes termotolerantes frente al resultado inicial	51



LISTA DE ABREVIATURAS

- DQO** : Demanda química de oxígeno
- DBO** : Demanda bioquímica de oxígeno
- mg/l** : Miligramos por litro
- MINAM**: Ministerio del ambiente
- NMP** : Número más probable
- pH** : Potencial de hidrogeno
- PTAR** : Planta de tratamiento de aguas residuales
- SM** : Métodos estandarizados
- UTM** : Universal Transversal de Mercator
- W** : Watts
- %** : Porcentaje



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la eficiencia de la microalga *Scenedesmus* en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas de Moho. De acuerdo a la situación en la que se encuentra el distrito de Moho cabe mencionar que las aguas residuales domésticas impactan negativamente la calidad del agua debido a la presencia de desechos. El tipo de investigación es aplicada, siendo de enfoque cuantitativo, primeramente se llevó a cabo una caracterización inicial, lo que permitió obtener los siguientes resultados: temperatura de 14.2 C, pH 7.6, la DQO de 1150 mg/L, DBO 640 mg/L y los coliformes termotolerantes de 2.4×10^7 NMP/100ml. Para lo cual se consideró las siguientes dosis del 5%, 15%, 30% y 50%, tratamiento que se realizó a escala laboratorio en un periodo de 10 días donde se obtuvo altos porcentajes de remoción ya que la dosis adecuada para el presente tratamiento es al 15% ya que a esta dosis se logró remover la DQO a un 90.2%, la DBO al 89.4% y los coliformes al 100% llegando a la conclusión que la microalga *Scenedesmus* es eficiente para este tipo de tratamiento.

Palabras claves: Aguas residuales, eficiencia, microalga, remoción



ABSTRACT

The main objective of this investigating is to ascertain the effectiveness of the Scenedesmus microalgae in the withdrawal of biochemical sourstuff demand, chemical sourstuff demand and thermotolerant coliforms in domestic wastewater from Mold described to the condition in whatever the district is located. of Mold it is worth mentioning that domestic wastewater presents inconvenience in the grade of the water due to the waste it presents. The type of research is applying since it is geared at resolution the problems that arise and thus answer the research question being focused. Quantitatively, an initial categorization was first carried out, achieving the following results: temperature of 14.2 C, pH 7.6, COD of 1150 mg/L, BOD 640 mg/L and thermotolerant coliforms of $2.4 \cdot 10^7$ NMP/100ml. For which the following doses of 5%, 15%, 30% and 50% were considered, a treatment that was carried out on a forensics scale in a period of 10 days where high removal percentages wer transported e obtained since the appropriate dose for the present treatment It is 15% since at this dose it was possible to remove COD at 90.2%, BOD at 89.4% and coliforms at 100%, reaching the conclusion that the Scenedesmus microalgae is efficient for this type of treatment.

Keywords: Wastewater, efficiency, microalgae, removal



INTRODUCCIÓN

El agua, un recurso fundamental para la vida y el desarrollo económico mundial, enfrenta serios problemas debido a su uso inadecuado en países en desarrollo. La industrialización, la salud humana y las especies naturales se ven afectadas por la mala calidad del agua en estas regiones (Moreno, 2020). Las aguas residuales domésticas, ricas en sustancias contaminantes (Yan et al., 2013), representan la fuente principal de contaminación acuática, generando un impacto negativo en los recursos hídricos (Abdel et al., 2012). Por su alto contenido de compuestos orgánicos como inorgánica, tales como sales alcalinas, carbono y sustancias volátiles, las aguas residuales constituyen un gran problema ambiental a nivel global. Estas sustancias reaccionan con los fenómenos naturales, contaminándolos. Por esta razón, es indispensable tratar estas aguas antes de su descarga al medio ambiente (Pooja, Priyanka, & Rao, 2022).

El manejo de aguas depuradas conlleva la eliminación de las mismas. de residuos de rápida sedimentación en la etapa primaria y la oxidación de los desechos orgánicos durante el tratamiento secundario. Aunque estos procesos logran un efluente parcialmente limpio, las aguas residuales tratadas suelen descargarse en cuerpos de agua naturales. (Abderl-Raouf et al., 2012). No obstante, estos tratamientos resultan insuficientes, ya que las aguas depuradas siguen conteniendo patógenos, compuestos orgánicos y nutrientes (OMS, 2018). Por ello, es crucial minimizar la existencia de patógenos con el objetivo de reducir al máximo riesgo de infección asociadas a estas aguas. (Almasied et al., 2016).

En las últimas décadas, el empleo de microalgas ha sobresalido, las cuales no solo eliminan considerables cantidades de metales pesados, sino que



también tienen la capacidad de absorber nutrientes existentes en las aguas depuradas, promoviendo así su desarrollo.(Rosales et al., 2018). Asimismo, las microalgas colaboran con las bacterias en la erradicación de materia orgánica y la disminución de sólidos suspendidos, asimilando también los compuestos orgánicos solubles. (Abdel et al., 2012)

Este análisis valoró la efectividad de la microalga *Scenedesmus* en la gestión de aguas depuradas del hogar, inicialmente se estudió la composición del agua residual no tratada seguidamente se realizó pruebas a diferentes dosis de microalgas *Scenedesmus* para luego determinar la eliminación de la DQO y la DBO. y de los coli termotolerantes esto con la finalidad de conocer la eficiencia de la microalga.

Este trabajo de investigación está estructurado en los siguientes capítulos:I. Introducción; el Capítulo II aborda los aspectos relacionados con la problemática, la formulación del problema, los objetivos de la investigación y su justificación. En el Marco Teórico, se presentan los antecedentes, las bases teóricas y las variables. La Metodología detalla el diseño de la investigación y el método utilizado. Finalmente, en el capítulo III, se presentan los resultados, la discusión, las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.



CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Los países en desarrollo enfrentan una crisis acuática severa, ya que más del 80% de sus aguas depuradas se derraman sin ningún proceso de tratamiento en ríos y lagos y costas (Ibáñez & Vélez, 2019). En Perú, la situación no es diferente: a diario se descargan al alcantarillado 2,59 millones de m³ de aguas depuradas sin tratar, lo que equivale a un promedio de 162 litros por persona, contaminando seriamente el entorno natural y amenazando la salud de la población. (SUNASS, 2016).

La contaminación representa uno de los desafíos más apremiantes que afronta la sociedad actual (Abdel et al., 2012), las aguas depuradas representan un importante desafío para la salud pública (Escorihuela et al., 2007) pues generan impactos negativos en los recursos naturales (Pooja & Rao, 2022), Aproximadamente el 71% de la superficie terrestre se encuentra sumergida en agua, la cual se encuentra siendo contaminada por actividades humanas, ya que los desechos continúan siendo vertidos en los ríos sin ningún



tipo de pretratamiento (Sonune & Ghate, 2004) así se están elevando significativamente las manifestaciones de materia orgánica e inorgánica, provocando así contaminación. (Abdel et al., 2012). de esta forma, se están incrementando las manifestaciones de materia orgánica e inorgánica, resultando en contaminación

La falta de tratamiento de las aguas depuradas causa agravamiento significativo del estado hídrico en los cuerpos receptores (de-Bashan & Bashan, 2010), los contaminantes más significativos son las heces, los compuestos nitrogenados de desecho animal y la putrefacción de los alimentos desperdiciados (Pardo et al., 2006) así se provoca la pérdida de calidad del agua. Es crucial el correcto tratamiento de las aguas depuradas para disminuir los contaminantes a niveles seguros o satisfacer los requerimientos microbiológicos y químicos sugeridos antes de su liberación en las masas de agua. (Kadir et al., 2018).

Las aguas depuradas son ricas en nutrientes que promueven el crecimiento de las microalgas, las cuales, mediante la generación de oxígeno fotosintético, incorporan los residuos oxidados que contaminan el medio acuático, creando un proceso depurativo eficaz (Mendoza, 2016).

De acuerdo a la situación en la que se encuentra el distrito de Moho cabe mencionar que Las aguas residuales domésticas presentan una calidad deficiente por la presencia de desechos, lo que ha llevado a la necesidad de realiza un tratamiento con el uso de Scenedesmus microalgas a pruebas in vitro para evaluar la eficacia del tratamiento y así conocer la eficacia del tratamiento.



1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Qué tan eficiente será la microalga *Scenedesmus* en el tratamiento de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho?

1.2.2. *Problemas específicos*

- ¿En qué concentración se encontrará la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho?
- ¿Cuál será la dosis optima de la microalga *Scenedesmus* en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho?
- ¿Qué porcentaje de remoción presentara la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

- Determinar la eficiencia de la microalga *Scenedesmus* en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Analizar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.
- Determinar la dosis optima de la microalga *Scenedesmus* en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho.



- Evaluar la capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.

1.4. Justificación

La contaminación que ocurre debido al desecho de las aguas residuales generadas por los hogares del distrito de Moho conduce al deterioro de las aguas superficiales siendo afectada inmensamente, por lo que es necesario realizar tratamientos que sean eco-amigables con el medio ambiente. El tratamiento con microalgas es un recurso muy importante, económico y no tiene dificultad en el manejo del tratamiento debido a que son microorganismos fotosintéticos y a su estructura simple que les permite crecer rápidamente, producen más biomasa y de esta manera lograr tratamientos eficientes en remover contaminantes de aguas residuales domésticas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- La microalga *Scenedesmus* es eficiente en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho Hipótesis específico

1.5.2. Hipótesis específica

- La demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho se encuentran en concentraciones elevadas.

- Las dosis de la microalga *Scenedesmus* serán adecuadas para el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho.
- Se presentará altos porcentajes de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes con microalgas *Scenedesmus* del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Condiciones de crecimiento de microalga
- Aplicación de microalga

1.6.2. Variable dependiente

- Concentración de la DBO, DQO y coliformes termotolerantes
- Porcentaje de remoción

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores
(Vi) Condiciones de crecimiento de microalga	Adecuación de las condiciones optimas	Temperatura (°C) pH Intensidad lumínica Aireación Agitación
(Vi) Uso de microalgas <i>Scenedesmus</i> Sp	Dosis de microalgas en aguas residuales	(ml/L)
(Vd) A Concentración de la DBO, DQO y coliformes termotolerantes	Concentración	DQO (mg/L), DBO (mg/L), Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
(Vd) C Porcentaje de remoción	Remoción	%

Nota: (Vi) Variable independiente (Vd) Variable dependiente



CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Muñoz (2015) El objetivo principal de esta investigación fue identificar y medir la capacidad a través de un consorcio de microalgas y bacterias destinadas a la erradicación de materia orgánica y nutrientes de aguas recicladas municipales, excrementos porcinos y digestato anaeróbico, evaluando su eficacia en la eliminación de contaminantes en distintas matrices acuáticas. La adición inicial de microalgas a un sistema de tratamiento de aguas depuradas que combina microalgas y bacterias no afectará la cantidad de biomasa generada. El sistema priorizará un grupo específico de microalgas y bacterias apropiadas al entorno y a la variedad de sustrato disponible. En aguas depuradas urbanas, los sistemas de algas y bacterias muestran una eficiencia de eliminación entre el 85% y el 94% de compuestos orgánicos y nutrientes. Los purines porcinos tienen una eliminación que varía entre el 75% y el 95%. La digestión anaeróbica empleando sistemas bacterianos y algas consigue una eliminación del 55% al 70%.



Abdel et al. (2012) El estudio analiza el tratamiento conjunto de microalgas y aguas depuradas, incluyendo la identificación de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos que representan un riesgo ambiental. Diversas actividades hidráulicas, como las domésticas, agrícolas e industriales, generan estas sustancias que contaminan las aguas residuales con compuestos orgánicos e inorgánicos. Para contrarrestar esto, los métodos de tratamiento primario-secundario son utilizados con mayor frecuencia para eliminar eficazmente las sustancias que se sedimentan fácilmente y facilitar desintegración de la materia orgánica por medio de procesos oxidativos.

Muñoz (2015) El estudio busco analizar la eficiencia del desempeño del sistema de microalgas y bacterias en la purificación de materia orgánica y nutrientes acuáticos depuradas es esencial para la depuración de aguas depuradas. Los datos revelan que estos sistemas pueden eliminar de manera eficiente la materia orgánica procedente de múltiples fuentes de aguas purificada con una tasa de eliminación del 85% en algunas situaciones. Además, estos sistemas se distinguen por su habilidad para retener grandes volúmenes de nitrógeno amoníaco.

Chacón et al. (2002) realizaron una investigación para medir la efectividad de *Chlorella Sp.* *Scenedesmus Sp.* y El proceso de depuración de fosfatos, nitrógeno amoniacal y DQO en aguas depuradas del sistema de estabilización, Maracaibo, Venezuela. Se emplearon distintos tratamientos con 200 mL de aguas depuradas, incluyendo aguas depuradas y sin depurar, y controles con agua purificada y fertilizante para el cultivo de algas. Los ensayos se realizaron en situaciones controladas de iluminación ($136 \mu\text{mol}\cdot\text{q}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),



temperatura ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) y un fotoperiodo de 12 h, de luz y 12 h, en ausencia de luz, sin ventilación, durante 27 días, especies de *Chlorella* exhibió una densidad celular notablemente superior ($p < 0,05$) en aguas residuales esterilizadas, mientras que *Scenedesmus* Sp. consiguió una mayor densidad celular de *Scenedesmus* Sp. en aguas residuales no esterilizadas ($66,20 \pm 4,61 \times 10^6$ cel.mL⁻¹), mientras que *Chlorella* Sp. alcanzó $9,36 \pm 1,32 \times 10^6$ cel.mL⁻¹, 3,67 y 1,99 veces más que el control, respectivamente. Ambas microalgas mostraron manifestaciones significativamente superiores a ($p < 0,05$) de pigmentos totales, carotenoides y proteínas en contacto con agua depuradas no tratadas. Al término del estudio, se constató una eliminación completa del nitrógeno amoniacal total en todos los cultivos de aguas residuales. *Chlorella* Sp. logró una depuración máxima del 44,0% de $\text{P-PO}_4^{(3-)}$ en aguas procesadas, se logró una mayor erradicación de DQO, en contraste, *Scenedesmus* Sp. logró una tasa de depuración del 48,8% en aguas sin tratamiento. En relación con la depuración de DQO, *Scenedesmus* sp. obtienen un porcentaje del 55,9% en aguas depuradas, en cambio, *Chlorella* Sp. alcanzó un valor máximo del 54,8% en aguas no procesadas en 24 horas.

Sonune & Ghaté (2004) El tratamiento de aguas depuradas consiste en un proceso que depura el agua eliminando los sólidos y modificando parcialmente los compuestos orgánicos complejos y descomponibles en sólidos orgánicos, minerales o con resistencia a la descomposición. Los tratamientos primarios y secundarios contribuyen a la erradicación una gran parte de la DBO y los sólidos en suspensión son indicadores de la contaminación en las aguas depuradas. Un efluente habitual de la planta de tratamiento secundario puede



presentar una DBO de 21 mg/L y una DQO de 61 a 100 mg/L. En términos generales, una planta de tratamiento secundaria extrae aproximadamente el 65% de la DQO del agua que entra. Así, cuando se demandan efluentes de excelente calidad, se requiere una extracción orgánica suplementaria.

2.1.2. Antecedentes nacionales

García et al. (2021) Llevaron a cabo una evaluación de la expulsión de nitrógeno y compuestos orgánicos en un humedal construido con flujo subterráneo, acompañado de un reactor de microalgas de lecho fijo, con *Chlorella* como material biológico, mostró una eliminación de materia orgánica entre el 30% y el 41%. La conversión de nitrógeno alcanzó el 73.5%, y los números de coli. fecales y totales se disminuyeron en un 86% y 89% respectivamente. Este sistema, creado con un objetivo concreto, notablemente el estado del agua tratada obtenida de aguas depuradas del hogar.

Mendoza (2016) En su estudio determinó el efecto del uso de aguas depuradas municipales tratadas como solución nutritiva para la microalga *Scenedesmus*. Se observó que la tasa de proliferación máxima se alcanzó con una dilución del 61% al 6to día y del 81% al 7mo día. Se observó una reducción significativa en los coliformes fecales, con valores que fluctuaron entre 130,000 y menos de 1.8 NMP ml⁻¹, lo que representa una eliminación casi total, con una tasa del 99.99% Las concentraciones iniciales de DBO (61 mg/L) y DQO (37 mg/L) fueron superiores a causa de la degradación de la materia orgánica que se encontraba en las aguas depuradas.

Rosales et al. (2018) evaluaron la eficiencia de *Scenedesmus* en la erradicación de contaminantes y aumentar su biomasa. La DBO y la DQO del

efluente de la curtiduría disminuyeron considerablemente (>97%), es probable que sea a causa de una interacción beneficiosa entre bacterias y microalgas en el cultivo. En las dos situaciones, la proporción de lípidos superó el 20% de contenido en la biomasa evidencia su gran capacidad para ser utilizada en la fabricación de biodiesel.

2.1.3. Antecedentes regionales

Sanga (2023) El estudio se centró en evaluar el potencial de la microalga *Scenedesmus* para la depuración de nutrientes y materia orgánica en aguas recicladas domésticas de Juliaca. Las muestras se recogieron antes de que las aguas ingresaran a las lagunas de estabilización, utilizando recipientes de 1 litro. El experimento se realizó en condiciones controladas de pH (6-8) y temperatura (17°C – 22°C), con un difusor de aire y una iluminación constante de un foco fluorescente de 40 Watts. Se llevaron a cabo monitoreos diarios de los parámetros fisicoquímicos en cada tratamiento (10, 20, 30 y 40 % de biomasa). Las condiciones iniciales del agua residual fueron: Temperatura (T) = 14.4 °C, pH = 7.9, Nitratos = 42 mg/L, Fosfatos = 32.7 mg/L, DQO = 1234 mg/L. La dosis óptima para la eliminación de nutrientes y materia orgánica se obtuvo con un 31% de microalgas (150 ml de microalga en 350 ml de agua depurada), logrando una remoción del 90.2% de DQO, 92.6% de fosfatos y 85.4% de nitratos a una temperatura promedio de 17.6 °C. La investigación concluyó que la microalga *Scenedesmus* es altamente eficaz, eliminando más del 90% de los contaminantes, acatando los LMP determinados por el D.S. 003-2010-MINAM.



2.2. Marco teórico

2.2.1. Agua residual

Se consideran como los residuos o una mezcla de residuos provenientes de diferentes fuentes, incluyendo instituciones públicas, empresas industriales y comerciales, y viviendas, además de otras posibles fuentes. Finalmente, incluyen aguas subterráneas, y de superficie y de lluvia (Arévalo & Malo, 2017), por su elevado contenido de compuestos orgánicos, que abarcan sales alcalinas, carbono y sustancias volátiles, junto con su elevada volatilidad, las aguas residuales son un problema global ya que dañan los recursos naturales al interactuar con los procesos naturales y contaminarlos (Pooja et al., 2022), La clasificación de los proveedores de aguas depuradas se puede realizar en tres categorías: aguas depuradas domésticas, aguas depuradas industriales (tanto las habituales como las no registradas) y aguas depuradas comerciales (Ramírez, 2011), en el informe publicado por la OMS, se menciona que los efluentes resultan de la combinación de diferentes tipos de aguas.

Las aguas depuradas se originan de la mezcla de desechos provenientes de actividades del hogar, la industria, el comercio y la agricultura, incluyendo el agua que se contamina debido a estos procedimientos. Estas aguas contienen una amplia gama de contaminantes, incluyendo sedimentos, compuestos orgánicos, nutrientes, patógenos, metales pesados y otros agentes contaminantes. Para salvaguardar la salud pública y el ecosistema, es fundamental un tratamiento eficaz de las aguas residuales que elimine o minimice la liberación de sustancias nocivas antes de su descarga al ecosistema o su reutilización. Entre los componentes inorgánicos acumulados se encuentran

iones como sodio, calcio, potasio, magnesio, cloro, sulfato, fosfato, bicarbonato, amonio y metales pesados (Riva, 2018).

2.2.2. Aguas residuales domesticas

Se originan tanto de viviendas como de espacios comerciales, sean estos públicos o privados (Pérez, 2009), cuyos rasgos esenciales fueron transformados por acciones humanas (Valderrama, 2018). "Esta categoría de aguas depuradas corresponde a aquellas generadas por las actividades domésticas cotidianas, las cuales contienen elevadas concentraciones de materia orgánica, grasas y químicos de limpieza (Arévalo & Malo, 2017), y también incluyen aguas negras y aguas grises:.

2.2.3. Contaminación de aguas residuales

La degradación de los cuerpos de agua se origina principalmente por el proceso de eutrofización (Lavoie & Noüe, 1985), causado por la presencia de diversos compuestos contaminantes (Abdel et al., 2012) Entre los factores más relevantes se encuentran la excreción de heces, la liberación de compuestos nitrogenados por los animales e igualmente por el proceso de degradación de alimentos no ingeridos la degradación de alimentos no ingeridos (Pardo et al., 2006).

2.2.4. Componentes de aguas residuales

- a) pH.** es una escala numérica que muestra el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, y se determina por la concentración de iones de hidrógeno. Los indicadores químicos se utilizan para establecer el nivel de estos iones en ciertas soluciones. La escala del pH aumenta de 0 a 14, con un punto neutro en 7. La acidez se representa por valores



menores a 7, mientras que la alcalinidad se representa por valores mayores a 7. El pH juega un papel vital en múltiples disciplinas, tales como la química y los procesos biológicos son fundamentales en diferentes áreas, como la química, la biología, la medicina, la agricultura, la ingeniería ambiental y la oceanografía. Por ejemplo, niveles de pH inapropiados pueden perjudicar a las especies acuáticas o afectar la fertilidad del suelo en la agricultura. Adicionalmente, el pH juega un rol esencial en la purificación de aguas residuales y síntesis de compuestos diversos. (Saltos, 2023).

b) Materia orgánica. Los materiales orgánicos de las aguas depuradas se componen principalmente de carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Además, pueden contener elementos adicionales como azufre, hierro y fósforo. Según Rojas (2002), "la mezcla particular de estos elementos da lugar a proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%) y grasas y aceites (un 10% aproximadamente) presentes en las aguas depuradas (Rojas, 2002).

La materia orgánica hace referencia a compuestos basados en carbono, originados a partir de este de organismos vivos o que estuvieron vivos en el pasado. Su composición principal se basa en restos de plantas y animales, además de los productos derivados de su degradación, incluyendo proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Dicho proceso de desintegración llevado a cabo por microorganismos es esencial para la fertilidad del terreno, dado que producir fertilizantes nutrientes que favorecen el desarrollo de las plantas. Asimismo, tiene un impacto esencial en el ciclo carbonífero,

favoreciendo a la regulación climática y actuando como una reserva significativa de carbono.

- c) Patógenos.** En relación a los patógenos, las aguas contaminadas con aguas depuradas pueden contener una amplia gama de agentes que simbolizan un peligro considerable para la salud, provocando condiciones severas del sistema digestivo y otras infecciones. Si no se recibe un tratamiento médico oportuno, las consecuencias pueden ser irreversibles. Entre estos agentes destacan microorganismos infecciosos (Jones, 2019), El agua con polución puede introducirse en los ecosistemas a través de diversas fuentes, tales como las heces y los desechos animales. Asimismo, la liberación de residuos industriales, particularmente los generados por el procesamiento de alimentos de origen animal, puede convertirse en un importante reservorio de microorganismos perjudiciales (Elías, 2014).

2.2.5. Composición y características de las aguas residuales

- **Composición**

La composición de las aguas depuradas varía considerablemente debido a la influencia de múltiples factores. Entre ellos se encuentran la ingesta diaria promedio de agua por persona, que impacta la manifestaciones (Cantidad) de agua, y los patrones de alimentación de la población, factores que determinan su constitución química (calidad) (Rojas, 2002). Las aguas depuradas están formadas principalmente por un 99,9% de agua (denominada agua potable) y un 0,1% en masa de sólidos, los cuales pueden estar disueltos (Saltos, 2023).

- **Características**

Las aguas depuradas se distinguen por su estructura física, química y biológica, tres elementos esenciales que aportan al análisis de su depuración.

Tabla 2

Características de las aguas residuales y fuentes de origen.

Características	Fuentes de origen
Físicas	Suministro de agua, residuos industriales y doméstico
- Sólidos	Residuos industriales y domésticos.
- Temperatura	Residuos industriales y domésticos.
- Color	Residuos industriales y domésticos.
- Olor	Descomposición de residuos líquidos
Químicas	
Orgánicos	
- Proteínas	Residuos comerciales y domésticos.
- Carbohidratos	Residuos comerciales y domésticos.
- Aceites y grasas	Residuos comerciales, industriales y domésticos.
- Fenoles	Residuos industriales.
- Pesticidas	Residuos agrícolas.
Inorgánicos	
- pH	Residuos industriales.
- Cloruros	Suministro de agua, residuos industriales e infiltraciones.
- Nitrógeno	Residuos agrícolas y domésticos.
- Fosforo	Residuos agrícolas, industriales y domésticos.
- Azufre	Residuos agrícolas, industriales y domésticos.
- Metales pesados	Suministro de agua, residuos industriales.
Gases	Residuos industriales.
- Oxígeno	Suministro de agua e infiltraciones.
- Hidrógeno sulfurado	Residuos domésticos.
- Metano	Residuos domésticos.
Biológicas	
- Virus	Residuos domésticos.
- Bacterias	Residuos domésticos.
- Protozoarios	Residuos domésticos.
- Nematodos	Residuos domésticos.

Nota. (Rojas, 2002).

2.2.6. Tratamiento de aguas residuales

La expansión de la población y la labor industrial están incrementando el valor del tratamiento de las aguas depuradas es crucial. (Amaral, 2016). La razón de ser del tratamiento de aguas depuradas es controlar la contaminación de tipo físico, químico, bioquímico, biológico y radiactivo de los lugares donde se vierten las aguas (Rojas, 2002), el tratamiento se compone de tres etapas. El primer nivel se encarga de eliminar los sólidos sedimentables que podrían causar problemas en las etapas siguientes. Los procesos secundarios, que combinan métodos físicos y biológicos, luchan por eliminar la sustancias orgánicas disueltas y transformar los nutrientes clave en nitratos y ortofosfatos. El tratamiento avanzado de tercer nivel se enfoca en la eliminación de nitratos, fosfatos y sustancias orgánicas. (Mérida, 2020), siendo la finalidad primordial para conseguir aguas depuradas purificadas, siendo este el principal propósito para adquirir aguas depuradas (Abdel et al., 2012) y de esta manera no cause un impacto negativo en el medio ambiente.

2.2.7. Aplicación y microalgas en el tratamiento de aguas residuales

Las microalgas tienen la extraordinaria habilidad de producir células con un amplio potencial para gama de compuestos y nutrientes. Entre estos se incluyen lípidos, vitaminas, minerales, carotenoides y otros elementos esenciales, los cuales son sintetizados directamente en su interior, facilitando su obtención de forma eficiente.

El desarrollo de las microalgas es altamente sensible a las condiciones físicas y químicas del agua depurada. Actúan como fuente de nutrientes esenciales, proporcionando los compuestos orgánicos e inorgánicos necesarios



para la producción de biomasa. No obstante, la efectividad del procedimiento biológico está directamente relacionada con el tipo de cepa de microalgas empleada (Wang et al., 2016).

Las microalgas se consideran una alternativa eficaz para el procesamiento terciario de aguas depuradas debido a su relación simbiótica con las bacterias, lo que permite una eliminación altamente eficiente de los contaminantes (Whitton et al., 2015), También fue comprobado como un método eficaz para la eliminación de bacterias patógenas (Abalde et al., 1995)

La empleabilidad de las microalgas para tratar aguas depuradas tiene como principal objetivo la utilización de nutrientes para la producción de biomasa. Además, este método ofrece beneficios adicionales como la eliminación de contaminantes, el aumento del pH, la oxidación del agua y la materia orgánica, la reducción de organismos patógenos y el reciclaje del oxígeno generado durante la fotosíntesis.

2.2.8. Remoción de contaminantes con sistemas de microalgas

Dada la variedad de factores ambientales, como climas cálidos o fríos, y espacios, tanto al aire libre como bajo techo, existen diversas técnicas para el cultivo de microalgas. Estas incluyen sistemas de estanques, tanto al aire libre como bajo techo, que aprovechan aguas depuradas en entornos marinos, desérticos o bajo diferentes condiciones (Camacho et al., 2015).

2.2.9. Tipos de efluentes y sistemas de microalgas

Los sistemas fundamentados en microalgas poseen la Habilidad para manejar aguas depuradas de diversas fuentes, como residuos domésticos, desechos ganaderos, residuos agroindustriales y efluentes industriales.



Asimismo, se están empleando para gestionar efluentes específicos, como los provenientes de granjas porcinas y fábricas de procesamiento de alimentos, conjuntamente con el manejo de otros desechos agrícolas, se están explorando tecnologías con microalgas para la depuración de minerales tóxicos, entre los que se encuentran los elementos tóxicos y de transición. (Camacho et al., 2015).

El cultivo de microalgas ofrece una opción estimulante para terapias secundarias, dado que tienen la capacidad de usar nitrógeno y fósforo inorgánico para su crecimiento. El uso de microalgas permite la eliminación de elementos tóxicos y sustancias orgánicas nocivos. Una ventaja adicional es la producción de oxígeno, que, durante el proceso de fotosíntesis, el pH se incrementa, actúa como desinfectante (Abdel et al., 2012)

2.2.10. Reducción de la demanda química y bioquímica de oxígeno

En las aguas depuradas se pueden detectar muchos compuestos y microorganismos. Esta contaminación se clasifica en tres categorías: materiales orgánicos, inorgánicos y comunidades microbianas. Los compuestos orgánicos presentes en las aguas de purificación incluyen numerosos compuestos, todos con al menos un átomo de carbono, que se pueden oxidar química o biológicamente, dando lugar a la formación de dióxido de carbono. La oxidación biológica se mide mediante la DBO, mientras que la oxidación química se mide mediante la DQO. En resumen, la DBO evalúa la habilidad de los microorganismos para transformar sustancia orgánica en dióxido de carbono y agua, empleando oxígeno molecular como elemento oxidante un exceso de DBO en el agua puede provocar la muerte de peces y condiciones anaeróbicas al agotar el oxígeno disuelto. Por ello, su depuración un objetivo primordial en el tratamiento de aguas depuradas. Colak y Kaya (1988) realizaron un estudio sobre la empleabilidad del

sistema de algas para el procesamiento biológico de aguas depuradas. Sus resultados mostraron que, en las aguas residuales del hogar, se consiguió una eliminación del 68,4 % y del 67,2 %, (Abdel et al., 2012).

2.2.11. Remoción de coliformes

Las bacterias que son relevantes en las aguas residuales abarcan bacterias como Salmonella y Shigella, así como virus y protozoos. Generalmente, se mide la eficacia de la potabilización del agua depuradas por el nivel de expulsión total de coliformes. Los estanques para la estabilización de aguas depuradas se distinguen por su alta eficiencia en la depuración, superando generalmente a los sistemas convencionales. Estudios bibliográficos han demostrado que las lagunas de estabilización logran una eliminación significativa de coliformes, con reducciones del 88,8% en 11,4 días. Otros estudios reportan una disminución del 99,7% en la cantidad total de coliformes.

2.2.12. Sistema de tratamiento y su efectividad de remoción

Cultivo de microalgas. Los estanques abiertos son la opción más utilizada para el procesamiento de aguas depuradas y la obtención de microalgas, gracias a su coste reducido, sencillez en la edificación y manejo (bajo consumo energético). (Moreno, 2020). La mejora del crecimiento y contenido lipídico de las microalgas ha sido abordada mediante diversas estrategias. Estas incluyen el perfeccionamiento de la composición del medio de cultivo (origen de carbono, sales, vitaminas y nutrientes), junto a la caracterización de las diferentes vías metabólicas (fototrófico, heterótrofo, mixotrófico y fotoheterotrófico) (Chojnacka & Rocha, 2004), Estos elementos influyen de manera considerable en El desarrollo y el acopio de grasas en las cuales microalgas. (Chen et al., 2010). "La mayor densidad celular en los cultivos

microalgales permite una utilización más eficiente de la luz incidente frente a los cultivos convencionales de menor densidad” (Contreras-Flores et al., 2003).

2.2.13. Requerimiento para el cultivo de microalgas

Presencia de CO₂. Es necesario suministrar carbono, ya sea equilibrando naturalmente con el CO₂ atmosférico o inyectando aire o aire enriquecido para optimizar la transferencia de masa, se utiliza CO₂ inmediatamente dentro del reactor para añadir Reactor de CO₂ al. (Muñoz, 2015).

Las microalgas pueden utilizar el CO₂ liberado durante la mineralización bacteriana como fuente de carbono para su crecimiento fotosintético.

Influencia del pH. “La productividad de las algas es uno de los factores que determinan el pH del cultivo

” (Pérez & Labbé, 2014). Espero que esto sea de ayuda. Si necesitas más asistencia, estoy aquí para ayudarte. (Pearson et al., 1987).

Influencia de la intensidad lumínica.

Influencia de la aireación. Es crucial evitar la acumulación de microalgas, garantizar una exposición uniforme de las células coloniales a la luz y los nutrientes, y garantizar la transferencia de gases entre el medio ambiente y la atmósfera. (Leiva, 2014).

2.2.14. Factores que influyen el desarrollo de las microalgas

El crecimiento de las microalgas puede acelerarse, ralentizarse o incluso inhibirse dependiendo de diversos factores. A continuación, se presentan los más destacados.



Luz. En cuanto a las condiciones ambientales, la intensidad luminosa juega un papel fundamental, particularmente en el proceso de fotosíntesis vegetal. El crecimiento óptimo se alcanza la intensidad lumínica de saturación, siempre que los nutrientes no sean limitantes. Conforme la intensidad luminosa se incrementa, la fotosíntesis también lo hace; no obstante, superar este umbral provoca fotoinhibición, un efecto perjudicial que puede ocasionar la muerte celular. Como consecuencia, el rendimiento agrícola disminuye debido a una menor eficiencia fotosintética. Por ello, es esencial regular cuidadosamente la intensidad de la luz para asegurar el funcionamiento óptimo de las plantas.

Temperatura. La proliferación de algas está estrechamente vinculada a la temperatura, incrementándose proporcionalmente hasta llegar al rango óptimo específico para cada tipo de especie. No obstante, al superar este límite, la respiración celular se intensifica, lo que disminuye el proceso completo de producción de algas se ve disminuida por una disminución en la eficiencia de la fotorrespiración. Este fenómeno es ampliamente observado en diversas especies de algas el intervalo óptimo de temperatura se encuentra entre 16 y 24 °C. (Orduz, 2016)

pH y monóxido de carbono (CO). "El pH en los cultivos de algas es regulado por elementos como la generación de alga, el aireamiento, la alcalinidad, el contenido iónico del entorno, la actividad de los microorganismos y la eficacia del sistema de carbonatación. El pH ideal para el desarrollo de especies acuáticas de agua dulce es de 8. Desviaciones de este valor, ya sea hacia arriba o hacia abajo, impactan negativamente tanto en la productividad como en la Capacitación para tratar el agua. Se controla el pH a través de la



administración de dióxido de carbono o la adición de ácidos o bases. Sin embargo, las normativas sobre el uso de CO₂ pueden incrementar los costos, lo que hace imprescindible desarrollar métodos más económicos para reducirlos. Se ha estudiado la capacidad de diversas microalgas para fijar CO₂ proveniente de distintas fuentes, lo que ha llevado a implementar cultivos comerciales en conjunto con generadores de CO₂, como los sistemas de cogeneración, para maximizar la eficiencia y minimizar los gastos. (Ponte, 2019).

Agitación. Una mejor agitación en los instalaciones de cultivo de algas ofrece múltiples beneficios, como la mejora en el transporte de nutrientes, esta técnica contribuye a una menor sedimentación y acumulación de biomasa de algas en las superficies del reactor, promoviendo un pH uniforme. A su vez, garantiza una distribución homogénea de gases y luz. Una agitación adecuada admite que las algas experimenten ciclos ágiles de transición entre sectores iluminadas y oscuras en cuestión de milisegundos. No obstante, es crucial considerar que ciertas especies de algas son susceptibles al estrés hidrodinámico y no toleran niveles elevados de agitación, lo que puede afectar su crecimiento en el reactor. (Ponte, 2019).

Cuantificación de la producción de biomasa. La valoración del desempeño de la biomasa es un factor clave en la eficiencia de los bioprocesos, ya que permite establecer la efectividad del estudio a través de técnicas cuantitativas y la asimilación de nutrientes. Para cuantificar, se emplean métodos como la espectrofotometría, el estudio de la clorofila y los conteos de células. Se pueden contar las células en una cuadrícula mediante el uso de un microscopio y la cámara de Neubauer. Existen técnicas como el conteo en zigzag, contar



cinco cuadrados de gran tamaño (uno central y cuatro en las esquinas) y la cuadrícula central, entre otras herramientas, que se pueden emplear para cuantificar cuando se trabaja con densidades celulares altas. (Sucasaca, 2019).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua residual

Puede tratarse de líquidos desechables o de desechos arrastrados por el agua debido a diversas actividades domésticas, agrícolas, urbanísticas e industriales (Mojica, 2020).

2.3.2. Agua residual doméstica

Las aguas residuales derivados tanto de los hogares como de establecimientos dedicados a actividades comerciales, industriales o de servicios. (Mojica, 2020).

2.3.3. Microalga

Organismos unicelulares con cloroplastos y otros pigmentos fotosintéticos, que tienen la habilidad de efectuar la fotosíntesis. y generar oxígeno como subproducto. (Sanga, 2023).

2.3.4. pH

El pH, que representa el potencial de hidrógeno, es un factor clave en química para caracterizar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa.

2.3.5. Cámara de Neubauer

Se trata de una lámina con una estructura similar a la de un portaobjetos, diseñada para facilitar el recuento de células. Cuenta con dos áreas de conteo, ubicadas una en la parte superior y otra en la parte inferior. (Sanga, 2023).



CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que se centra en resolver los problemas planteados y responder a la pregunta de investigación.

3.2. Enfoque de la investigación

El estudio se centra en un enfoque cuantitativo.

3.3. Nivel de investigación

La investigación se desarrolla en un nivel explicativo, con el objetivo de analizar la relación causal entre la variable independiente y la variable dependiente. (Sampieri et al., 2016)

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. Técnicas

La técnica para la siguiente investigación es

- Observación simple
- Análisis de datos

3.4.2. Instrumentos

La investigación empleó los siguientes instrumentos:

- Cadena custodia
- Ficha de monitoreo

3.5. Ubicación de la zona de investigación

Este estudio se realizó en la desembocadura del río de aguas residuales domésticas, situada en el distrito de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno, Bolivia. Los datos UTM del lugar de muestreo son las siguientes: El ingreso E: 447584.777 N: 8300664.495 y la salida E: 447584.605 N: 8300597.482 El estudio se ejecutó en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, a escala de laboratorio.

Figura 1

Ubicación



Nota: Google earth

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Está compuesta por el efluente de las aguas residuales domesticas de Moho

3.6.2. Muestra

La muestra utilizada en este estudio de investigación corresponde al efluente de aguas residuales domésticas del distrito de Moho, ubicado en la provincia de Moho, departamento de Puno, tal y como se evidencia en la figura siguiente.

Figura 2

Punto de muestreo



Para la toma de muestra del punto designado se realizó según las pautas del protocolo para supervisar la calidad de las descargas de las PTAR de hogares o municipales (OMA, 2013). Para la caracterización de la muestra de partida antes de realizar el tratamiento se tomó en frascos designados según parámetro seguidamente se tomó muestra en botellas de 7 litros para realizar el



tratamiento. Las muestras se mantuvieron en culer a una temperatura aproximada de 4°C seguidamente se ingresó a laboratorio de Calidad Ambiental con la respectiva cadena custodia.

3.7. Materiales y equipos

3.7.1. Materiales

Para la realización de la investigación, se utilizaron los siguientes materiales: vasos de precipitados de clase A de 100 mL y 250 mL, matraces volumétricos de clase A de 1000, 500, 250 y 100 mL, matraces Erlenmeyer de clase A de 1000, 500, 250 y 100 mL, cilindros de medición de 1000, 500 y 100 mL, micropipetas de 5000, 1000 y 200 μ L, pipeta de 10 mL, cámara de Neubauer, puntas para micropipetas, tubos de ensayo, barra magnética, tubos de digestión de 10 mL, gradillas para 48 tubos, botellas Winkler de 300 mL, frascos de borosilicato, perilla de succión, frasco lavador, espátula, mangueras, difusor de aire, asas para E. coli, mechero, aireador, lámpara fluorescente y planchas de tecnopor.

3.7.2. Equipos

HACH HQ2200, estufa Raypa DOD90, ADAM 224E, digestor DQO Rocker CR25, bureta digital Witeg, incubadora DNP 9052A, baño de inmersión MEMMERT WTB50 y autoclave Biobase BKQ-B50II.

3.7.3. Reactivos

Se utilizaron los siguientes reactivos y medios de cultivo: Solución tampón pH 7, tampón fosfato, sulfato de magnesio (Merck, p.a.), cloruro de calcio (CaCl_2) (Merck, p.a.), cloruro férrico (FeCl_3) (Merck, p.a.), sulfato de plata (Ag_2SO_4) (Merck p.a.), dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) (Merck, p.a.), ácido sulfúrico

(H₂SO₄) (Merck, p.a.), 1,10-fenantrolina monohidratada (Merck, p.a.), sulfato de hierro (FeSO₄·7H₂O) (Merck, p.a.), sulfato ferroso amoniacal (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O) (J.T. Baker), óxido de manganeso (MnO₂) (Merck, p.a.), almidón soluble (Merck, p.a.), tiosulfato sódico pentahidratado (Merck, p.a.), fertilizante lauril sulfato triptosa (Himedia), fertilizante EC (Himedia), fertilizante verde brillante bilis (Himedia) y agua destilada.

3.8. Procedimiento metodológico

Objetivo específico 1: Analizar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluyente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Para alcanzar el objetivo trazado, se llevó a cabo de la siguiente forma:

Toma de muestra:

Se efectuó la recolección de la muestra según las indicaciones del protocolo de monitoreo.

Figura 3

Toma de muestra



Caracterización inicial

Para realizar la caracterización inicial, se tomaron en cuenta las pautas del procedimiento para evaluar la condición de los vertidos provenientes de las instalaciones de procesamiento e aguas depuradas de hogares o municipales, puede variar dependiendo de la calidad de los efluentes. (OMA, 2013). Además, el proceso se ejecutó según las pautas del laboratorio.

Tras la obtención de la muestra, se procedió a completar la cadena de custodia proporcionada por el laboratorio. Esta incluyó el registro de datos esenciales como la ubicación, fecha, hora, temperatura y pH, fundamentales para el control de la muestra. La muestra, obtenida en un recipiente de 5 litros de primer uso, se mantuvo a 4°C durante su transporte al laboratorio. Se llevaron a cabo los estudios para establecer las concentraciones iniciales de los parámetros pertinentes, lo que permitió la ejecución del tratamiento adecuado

El análisis de los parámetros requeridos para esta investigación se realizó aplicando las técnicas normalizadas para el análisis de aguas depuradas y de consumo (APHA, 2005).

Tabla 3

Parámetros y métodos de evaluación.

N°	Parámetro	Unidad	Método
1	Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
2	pH	-	SM 4500 – H
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	SM 5220 C Reflujo cerrado, método titulométrico
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	SM 5210 B Prueba de DBO de 5 días
5	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación

Nota: (APHA, 2005)



Objetivo específico 2: Determinar la dosis optima de la microalga Scenedesmus en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho.

Condiciones para el crecimiento de la microalga Scenedesmus

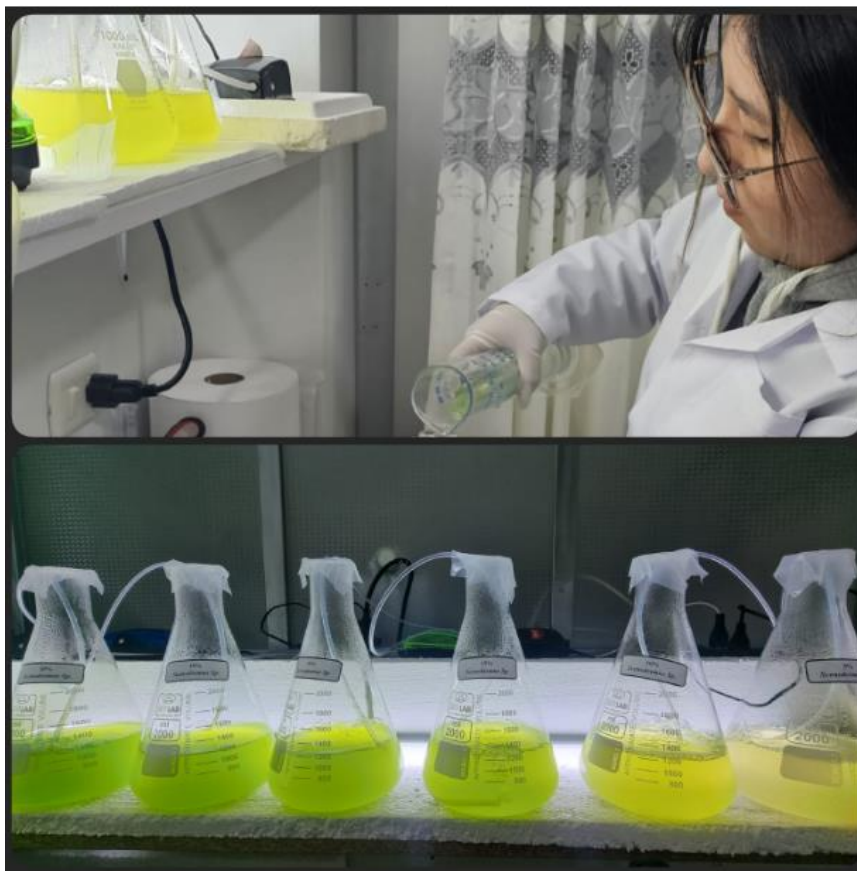
Para cumplir con este objetivo, la investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Calidad Ambiental, donde se adecuó el prototipo a las condiciones recomendadas. Se utilizaron focos fluorescentes de 40 watts para ajustar la intensidad lumínica, aireadores conectados a tubo de inyección de aire y placas de tecnopor para conservar la temperatura, teniendo en cuenta que las microalgas crecen mejor con un pH de 8-10 (Muñoz, 2015), Para optimizar el crecimiento, se deben seleccionar temperaturas entre 16 y 24 °C. (Orduz, 2016) Los datos se controlaron cada día durante un lapso de diez días

Tras acondicionar el espacio, se llevó a cabo la dosificación con microalgas Scenedesmus, considerando proporciones del 5%, 15%, 30% y 50%. El volumen de agua depurada y cepas de microalgas fue de un litro en cada dosificación.

Codificando de la siguiente manera D1 (5%), D2 (15%), D3 (30%) y D5(50%).

Figura 4

Adecuación del acondicionamiento de las microalgas



Una vez realizado la dosificación de la microalga con las aguas residuales, se realizó el seguimiento del crecimiento diariamente utilizando una cámara de Neubauer, para establecer la manifestación celular se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = N * 10^4 * 5$$

Donde:

C = cél/ml Concentración celular

N = Promedio de células presentes en 1mm² (0.1µl)

Figura 5

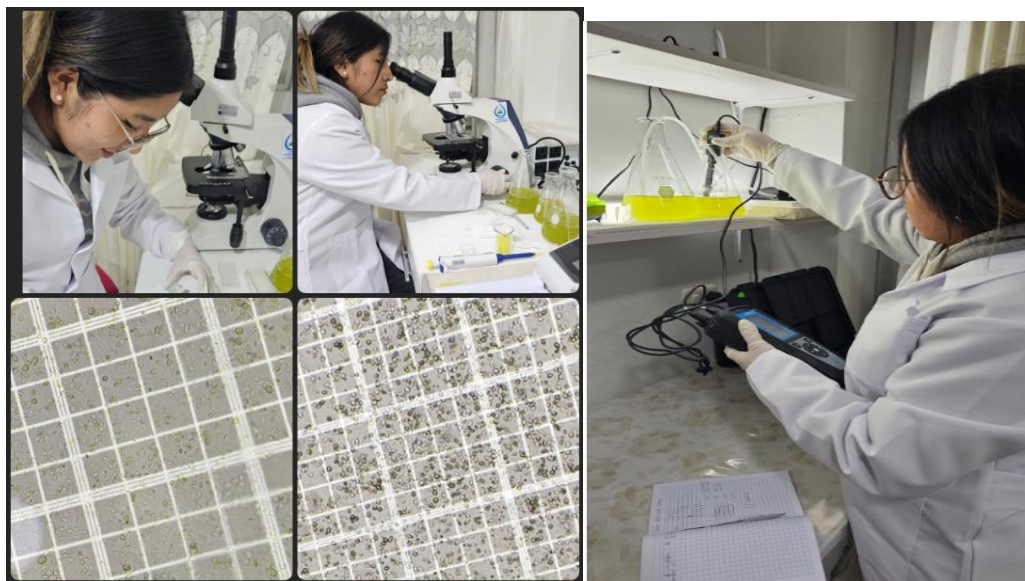
Control del crecimiento microalgal



Además, se llevó a cabo el monitoreo diario de la temperatura y el pH, ya que estos parámetros son de mucha importancia para este tipo de tratamiento, el periodo de tratamiento fue de 10 días.

Figura 6

Control de temperatura y pH



Objetivo específico 3: Evaluar la capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química

de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluyente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Para lograr el siguiente objetivo, se siguieron los pasos descritos a continuación.

- "Una vez cumplido el tiempo de tratamiento se llevó a decantar las muestras con la ayuda de la centrifuga para obtener únicamente la muestra del agua residual tratada.

Figura 7

Agua residual tratada decantada



- Seguidamente se realizó los análisis correspondientes de la DQO, DBO y los colif. termotolerantes con los métodos correspondientes

Figura 8*Analisis de muestras tratadas*

- Una vez obtenido los resultados se cuantifico el porcentaje de remoción aplicando la siguiente formula

$$\%Re = \left(\frac{Ac - At}{Ac} \right) * 100$$

Donde:

%Re : Porcentaje de remoción

Ac : Agua cruda o sin tratar

At : Agua tratada

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

Objetivo específico 1: Analizar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Los resultados se obtuvieron como se manifiesta en la siguiente tabla

Tabla 4

Resultados de los análisis iniciales

N°	Parámetros	Unidad	Resultados
1	Temperatura	°C	14.2
2	Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	7.6
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1150
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	640
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	$2.4 * 10^7$

La tabla 4 manifiesta los hallazgos derivados en la caracterización inicial en donde se evidencia los resultados de la temperatura 14.2°C valor que se obtuvo a razón del horario de muestreo, sin embargo, el pH se encontró con 7.6 un valor que se encuentra dentro de los límites establecidos, por otro lado, la DQO se obtuvo en una manifestación de 1150 mg/L valor que se debe a la alta carga orgánica que presenta el punto de muestreo, la DBO se encontró a una

concentración de 640 mg/L y por último los coliformes termotolerantes $2.4 * 10^7$ NMP/ml.

"Las actividades humanas pueden alterar la calidad del agua, generando efectos adversos que modifican sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Estos cambios se consideran contaminación debido a sus influencias perjudiciales en la utilidad del agua (Acuña & Palacios, 2021).

Objetivo específico 2: Determinar la dosis optima de la microalga Scenedesmus en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho.

Inicialmente se efectuó el control del crecimiento de microalgas, como también se hizo el monitoreo diario del pH y la temperatura dado que este tipo de tratamiento se logra los mejores resultados a pHs alcalinos y a una temperatura de 16 a 24 °C (Orduz, 2016) para el cumplimiento de estas condiciones se lograron los siguientes resultados.

Tabla 5

Resultados de temperature

N°	Fecha	Dosis de Scenedesmus (%)			
		5	15	30	50
1	08/04/2024	17.7	17.8	17.8	17.9
2	09/04/2024	18.2	18.4	18.5	18.7
3	10/04/2024	18.8	18.8	18.7	18.8
4	11/04/2024	19.2	19.3	19.4	19.7
5	12/04/2024	19.9	20.2	20.5	20.5
6	13/04/2024	20.5	20.5	20.4	20.4
7	14/04/2024	20.3	20.4	20.8	20.7
8	15/04/2024	21.3	21.4	21.5	21.3
9	16/04/2024	21.4	21.4	21.6	21.7
10	17/04/2024	21.6	21.6	21.7	21.8

Como se evidencia en la tabla 5 los datos de la temperatura obtenidas durante el tratamiento presen registraron valores de temperatura entre 17.7 °C y 21.8 °C, los cuales fueron óptimos para el tratamiento. En las microalgas, hay una vinculación directa entre la temperatura y la actividad biológica, cuando la temperatura se eleva, se intensifica El ritmo de crecimiento y, en el intervalo ideal, se incrementa la producción de microalgas. (Abalde et al., 1995).

Seguidamente se realizó las lecturas diarias de pH como muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6*Resultados de pH*

N°	Fecha	Dosis de Scenedesmus (%)			
		5	15	30	50
1	08/04/2024	7.4	7.56	7.48	7.7
2	09/04/2024	7.76	7.82	7.87	7.98
3	10/04/2024	8.3	8.25	8.41	8.39
4	11/04/2024	8.42	8.52	8.63	8.67
5	12/04/2024	8.72	8.75	8.77	8.76
6	13/04/2024	8.9	8.89	8.87	8.91
7	14/04/2024	9.12	9.32	9.1	9.24
8	15/04/2024	9.31	9.54	9.43	9.35
9	16/04/2024	9.35	9.57	9.68	9.63
10	17/04/2024	9.53	9.48	9.75	9.65

La tabla 6 evidencia los resultados del pH obtenidos durante el periodo de tratamiento presentando valores desde 7.4 a 9.75, cabe mencionar que según las condiciones que requiere el tratamiento si se cumplió en cuanto al pH.

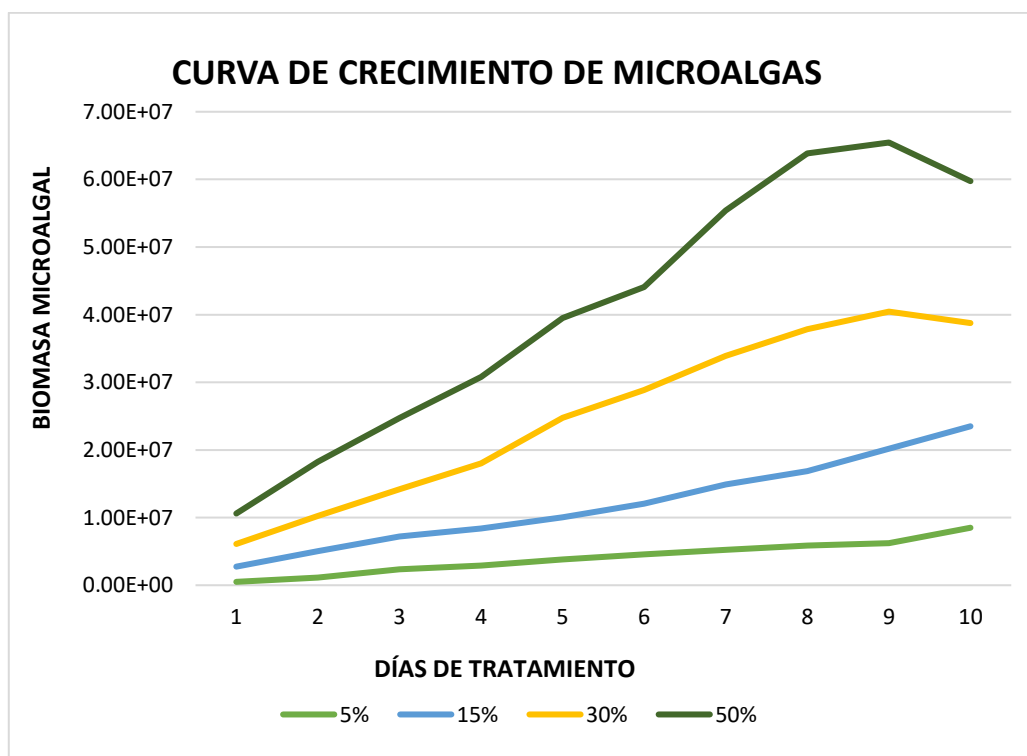
La mayoría de los cultivos de microalgas tienen un pH que oscila entre 7 y 9. (Arévalo & Malo, 2017).

Según los resultados reportados de pH y temperatura fueron óptimos para el tratamiento siendo la causa principal de la proliferación de biomasa microalgal, en la siguiente tabla se evidencia el crecimiento juntamente con la curva de crecimiento.

Tabla 7*Control de crecimiento de la microalga*

DOSIS DE MICROALGA SCENEDESMUS			
5%	15%	30%	50%
5.00E+05	2.25E+06	3.35E+06	4.50E+06
1.15E+06	3.90E+06	5.20E+06	8.00E+06
2.35E+06	4.85E+06	7.00E+06	1.05E+07
2.90E+06	5.50E+06	9.60E+06	1.28E+07
3.80E+06	6.25E+06	1.47E+07	1.48E+07
4.55E+06	7.50E+06	1.68E+07	1.53E+07
5.25E+06	9.65E+06	1.90E+07	2.15E+07
5.85E+06	1.10E+07	2.10E+07	2.60E+07
6.20E+06	1.40E+07	2.03E+07	2.50E+07
8.50E+06	1.50E+07	1.53E+07	2.10E+07

La tabla 7 evidencia cómo se dio el crecimiento durante el periodo de tratamiento, según los resultados logrados cabe mencionar que el tiempo de tratamiento que fueron 10 días fueron eficientes, sin embargo, se observa una ligera caída de microalgas en la dosis del 30 y 50%.

Figura 9*Curva de crecimiento de microalga Scenedesmus*

La figura 9 manifiesta la curva de evolución de las diferentes dosis de microalgas en donde se observa claramente una ligera caída en la dosis del 30 y 50 % esto a causa de que el tratamiento se llevó a escala laboratorio ya que al realizar el tratamiento con las dosis mencionadas hubo incremento de biomasa gracias a las condiciones requeridas ya que durante el cultivo de microalgas, se observa un aumento del pH. Las condiciones ideales para su crecimiento se encuentran entre 17 y 22 °C y un pH de 7 a 9. (Muñoz 2015) habiendo cumplido estas condiciones la biomasa se incrementó a mayor dosis de microalga y al no tener mas materia orgánica que consumir se presentó mortandad al 9no día, sin embargo a dosis menor al 30% presento mejores resultados.

Objetivo específico 3: Evaluar la capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluyente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Una vez realizado el acondicionamiento y la masificación de biomasa se realizó los análisis del tratamiento juntamente con la réplica correspondiente.

Tabla 8

Resultados del tratamiento del día 7

DÍA N° 7						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	18	18.2	18.4	18.7
2	pH		8.54	8.62	8.59	8.62
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	700	490	220	190
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	372	210	114	96
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1500	910	430	110

La tabla 8 evidencia los hallazgos derivados en el 7mo día de tratamiento

Tabla 9

Resultados de la réplica del tratamiento del día 7

RÉPLICA DÍA N° 7						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.8	18.1	18.2	18.4
2	pH		8.5	8.6	8.54	8.65
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	680	510	200	186
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	388	240	120	100
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1100	930	400	900

La tabla 9 tiene los resultados de la réplica del tratamiento del 7mo día

Tabla 10*Resultados del tratamiento del día 8*

		DÍA N° 8				
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	18.3	18.5	18.4	18.2
2	pH		9.1	9.3	9.1	9.4
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	427	300	128	78
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	220	163	84	42
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	<1

La tabla 10 evidencia los resultados derivados del 8vo día de tratamiento

Tabla 11*Resultados de la réplica del tratamiento del día 8*

		RÉPLICA DÍA N° 8				
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	18.1	18.3	18.2	18
2	pH		8.7	9	9.3	9.3
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	445	321	115	85
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	248	175	95	50
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	<1

La tabla 11 tiene los resultados de la réplica del tratamiento del 8vo día

Tabla 12*Resultados del tratamiento del día 9*

		DÍA N° 9				
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.5	17.6	17.8	17.7
2	pH		9.5	9.38	9.43	9.62
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	250	112	124	134
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	117	85	93	108
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	4.00

La tabla 12 evidencia los resultados derivados del 9no día de tratamiento

Tabla 13*Resultados de la réplica del tratamiento del día 9*

RÉPLICA DÍA N° 9						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.3	17.4	17.5	17.3
2	pH		9.3	9	9.25	9.31
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	243	118	133	137
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100	80	100	115
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	9.00

La tabla 11 tiene los resultados de la réplica del tratamiento del 9no día

Tabla 14*Resultados del tratamiento del día 10*

DÍA N° 10						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.7	17.8	18.1	18
2	pH		8.54	8.62	8.59	8.62
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	147	115	225	241
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	95	68	115	164
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	9.00	4.00

La tabla 14 tiene los resultados de la réplica del tratamiento del décimo día

Tabla 15*Resultados de la réplica del tratamiento del día 10*

RÉPLICA DÍA N° 10						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.5	17.3	18.1	18.2
2	pH		8.7	8.73	8.66	8.69
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	158	110	238	280
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	95	68	125	176
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	9.00	4.00

La tabla 15 tiene los resultados de la réplica del tratamiento del décimo día

Una vez realizado los análisis correspondientes del tratamiento con las Réplicas se obtuvo el promedio de resultados de cada día.

Tabla 16*Resultados del promedio del tratamiento del día 7*

PROMEDIO DE RESULTADOS DEL DÍA N° 7						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.9	18.15	18.3	18.55
2	pH		8.52	8.61	8.565	8.635
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	690	500	210	188
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	380	225	117	98
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1300	920	415	505

La tabla 16 evidencia los efectos del tratamiento al día séptimo. La temperatura y el pH se sitúa dentro de los parámetros requeridos para el tratamiento. Sin embargo, la DQO, la DBO y los colif. termotolerantes aún ostentan concentraciones elevadas. Este fenómeno se debe a la fase de adaptación de las cepas de microalgas, las cuales están empezando a consumir la sustancia orgánica en el agua a procesar.

Tabla 17*Resultados del promedio del tratamiento del día 8*

PROMEDIO DE RESULTADOS DEL DÍA N° 8						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	18.2	18.4	18.3	18.1
2	pH		8.9	9.15	9.2	9.35
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	436	310.5	121.5	81.5
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	234	169	89.5	46
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	<1

Por otro lado, la tabla 17 evidencia la diferencia de resultados frente al séptimo día de tratamiento. Siendo consumida la materia orgánica por las microalgas y esto a causa del incremento de biomasa microalgal.

Por bibliografía se conoce que las microalgas tienen un tiempo de tratamiento eficiente no menor a 16 días, quiere decir que puede llegar hasta 20 días de tratamiento sin embargo en presente tratamiento se observa que al 8vo día presento mayor tratamiento las dosis del 30% y 50% no se considera significativo ya que al 9no día ya presento mortandad en dichas dosis es lo que no se quiere llegar en el tratamiento propuesto.

Tabla 18

Resultados del promedio del tratamiento del día 9

PROMEDIO DE RESULTADOS DEL DÍA N° 9						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.4	17.5	17.65	17.5
2	pH		9.4	9.19	9.34	9.465
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	246.5	115	128.5	135.5
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	108.5	82.5	96.5	111.5
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	<1	6.5

La tabla 18 plasma los resultados del tratamiento del día 9, donde se obtuvo mayor tratamiento en la dosis 15% de microalga ya que a este porcentaje la DQO y la DBO se halla con concentraciones por debajo del límite establecido, más aún no se encontró coliformes. Sin embargo, en la dosis del 30% y el 50% se incrementó las concentraciones de la materia orgánica, juntamente con los coliformes termotolerantes y esto quiere decir que mayor dosis de microalga

gracias a las condiciones y el incremento de biomasa no es recomendable ya que en pocos días presenta caídas por lo que no es eficiente.

Tabla 19

Resultados del promedio del tratamiento del día 10

PROMEDIO DE RESULTADOS DEL DÍA N° 10						
N°	Parámetro	Unidad	5%	15%	30%	50%
1	Temperatura	°C	17.6	17.55	18.1	18.1
2	pH		8.62	8.67	8.62	8.65
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	152.5	112.5	231.5	260.5
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	95	68	120	170
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1	<1	6.5	4

Los resultados obtenidos del día 10 de tratamiento se observa las concentraciones de la temperatura es el parámetro que varía según las condiciones ambientales siendo óptimo para realizar el tratamiento, el pH se encuentra con valores alcalinos, la demanda química de oxígeno se logró menor concentración con la dosis del 15% al igual que la DBO, por otro lado, los colif. termotolerantes fueron removidos en un 100%.

El tratamiento realizado según al porcentaje se dio de la siguiente manera

Tabla 20

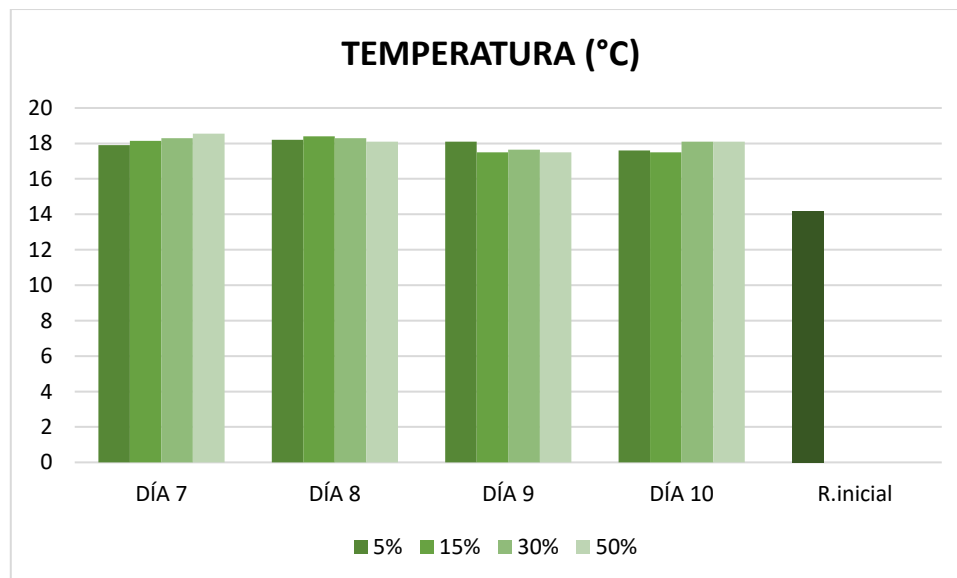
Resultados de la temperatura frente al resultado inicial

Temperatura (°C)					
Días	R. Inicial	5%	15%	30%	50%
7		17.9	18.15	18.3	18.55
8	14.2	18.2	18.4	18.3	18.1
9		17.4	17.5	17.65	17.5
10		17.6	17.5	18.1	18.1

La tabla 20 Plasma los resultados obtenidos de la temperatura obtenido durante el tratamiento.

Figura 10

Comportamiento de temperatura durante el tratamiento



La figura 10 se manifiesta los hallazgos derivados de la temperatura frente al resultado inicial, este parámetro varía según al horario de muestreo por las condiciones ambientales, según los días de tratamiento se puede ver el incremento de temperatura respecto al resultado inicial y esto a causa del acondicionamiento que se realizó para la obtención del tratamiento. Ya que este tipo de tratamiento requiere temperaturas de 16 a 24 °C para lograr un crecimiento óptimo de microalgas.

En tanto Acuña et al. (2021) Señala que la temperatura es un factor crucial en el éxito del tratamiento.

Tabla 21

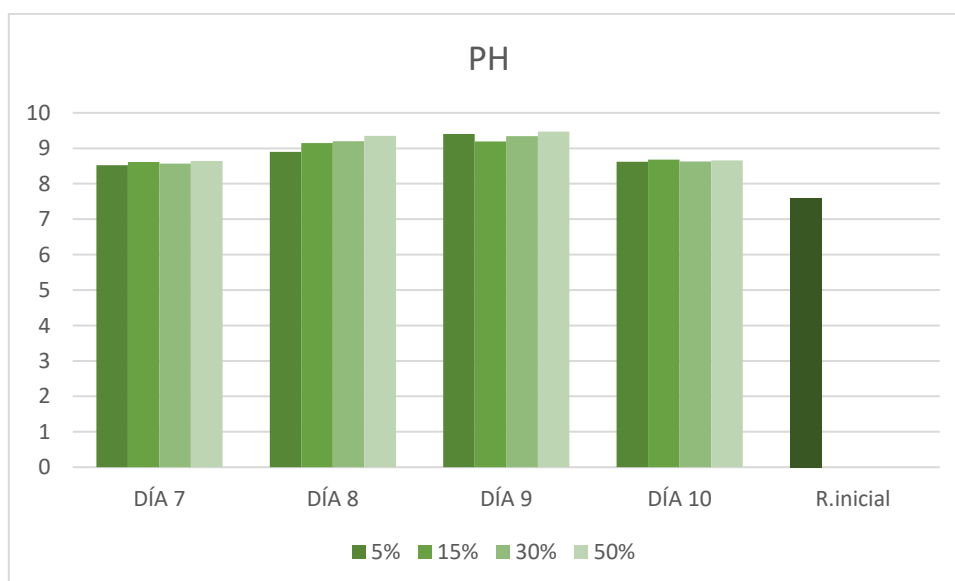
Resultados de pH frente al resultado inicial

Días	pH				
	R. Inicial	5%	15%	30%	50%
7		8.52	8.61	8.565	8.635
8	7.6	8.9	9.15	9.2	9.35
9		9.4	9.19	9.34	9.47
10		8.62	8.68	8.63	8.66

La tabla 21 evidencia los resultados del pH de las dosis aplicadas para el tratamiento frente al resultado inicial.

Figura 11

Resultados del pH durante el tratamiento



En figura 11 se encuentra el comportamiento del pH en el tratamiento y como se observa a un inicio, el pH inicial fue de 7.6 y durante el tratamiento se obtuvo pHs alcalinos entre 8 a 9 resultados que fue eficiente para dicho tratamiento.

Tabla 22

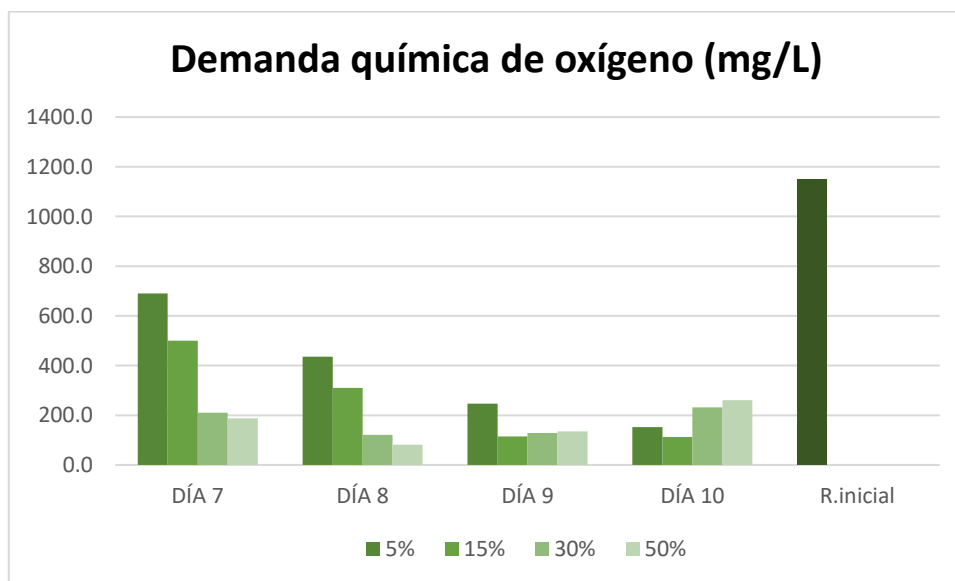
Resultados de la DQO frente al resultado inicial

Días	R. Inicial	Demanda química de oxígeno (mg/L)			
		5%	15%	30%	50%
7		690	500	210	188
8	1150	436	310.5	121.5	81.5
9		246.5	115	128.5	135.5
10		152.5	112.5	231.5	260.5

La tabla 22 manifiesta los hallazgos de la DQO, según los días y dosis de microalgas al comparar con la muestra inicial.

Figura 12

Resultados de la DQO frente al resultado inicial



La figura 12 plasma los hallazgos de las concentraciones de la DQO antes del tratamiento que fue de 1150 mg/L y el resultado más eficiente que fue de 115 mg/L con una dosis del 15% y 81.5 mg/L con una dosis del 50% teniendo en cuenta estos resultados cabe mencionar que este tipo de tratamiento es eficiente para la eliminación de la DQO.

Tabla 23

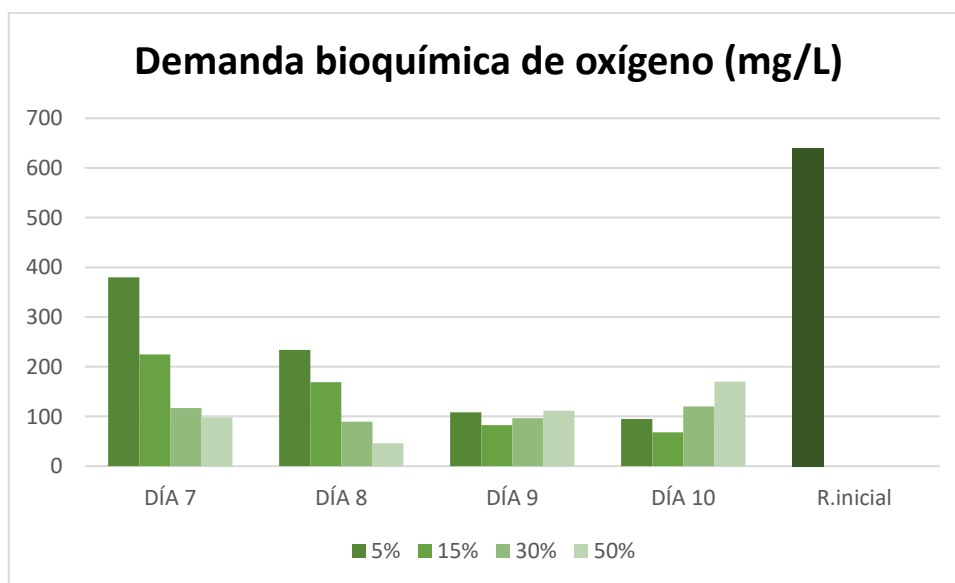
Resultados de la DBO frente al resultado inicial

Días	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)				
	R. Inicial	5%	15%	30%	50%
7		380	225	117	98
8	640	234	169	89.5	46
9		108.5	82.5	96.5	111.5
10		95	68	120	170

Como se evidencia en la tabla 23 las concentraciones de la DBO antes del tratamiento y resultados con la aplicación de la microalga *Scenedesmus* siendo el más eficiente con la dosis del 15% por el periodo de tratamiento.

Figura 13

Resultados de la DBO frente al resultado inicial



La Tabla 13 manifiesta notablemente de la eficiencia de tratamiento con la microalga, según los resultados iniciales se encontró con una manifestación de DBO de 640 mg/L y se logró alcanzar hasta 68 mg/L con una dosis del 15%, sin embargo, se observa que al 8vo día de tratamiento se logró alcanzar hasta 46 mg/L con una dosis del 50%, lo que se quiere lograr es que el tratamiento sea eficiente durante un periodo considerable mientras que esta dosis solo realizó el



tratamiento hasta el 8vo día es por ello que no se considera eficiente ya que por las condiciones ambientales se logra obtener una producción altamente suficiente para lograr la remoción. Es importante destacar que el uso de microalgas ha probado ser efectiva en la reducción de la eficacia en la reducción de materia orgánica. Según Camacho et al. (2015) La DBO representa el volumen de oxígeno consumido por las bacterias en la desintegración de la materia orgánica que se encuentra en las aguas depuradas.

Tabla 24

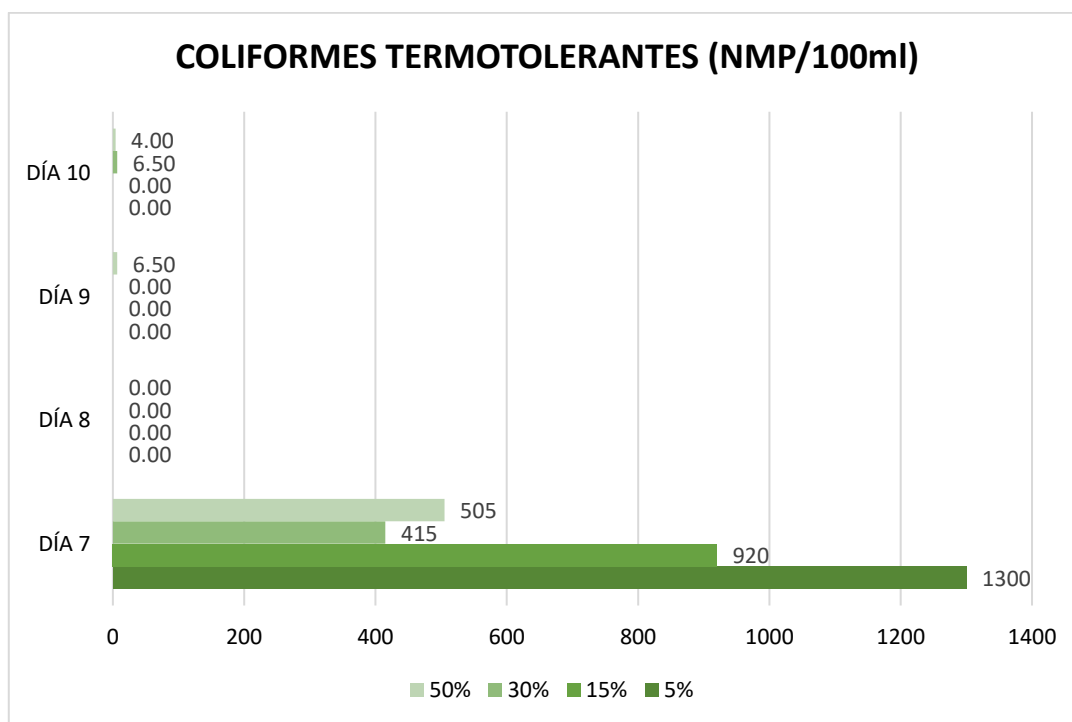
Resultados de coliformes termotolerantes frente al resultado inicial

Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)					
Días	R. Inicial	5%	15%	30%	50%
7		1300	920	415	505
8	$2.4 * 10^7$	<1	<1	<1	<1
9		<1	<1	<1	6.5
10		<1	<1	6.5	4

Según los resultados obtenidos de los coliformes termotolerantes se puede evidenciar que no presenta coliformes desde la dosis mas baja que es al 5%

Figura 14

Resultados de coliformes termotolerantes frente al resultado inicial



Según el gráfico 14 se tienen los resultados del tratamiento frente al resultado inicial, como se puede ver desde la dosis al 5% hasta el 50% los coliformes fueron eliminados en su totalidad debido a que las condiciones fueron favorables para el incremento de la microalga pero no para la sobrevivencia de las bacterias, las microalgas establecen una alternativa viable para erradicar de microorganismos nocivos en los ecosistemas acuáticos (Ulloa & Ramirez, 2019).

Finalmente, después de obtener los resultados obtenidos en el tratamiento que se ejecutó en un periodo de 10 días se tienen los porcentajes de remoción, en cuanto a la temperatura y pH se obtienen resultados negativos por las condiciones ambientales que se acondicionaron para el proceso de tratamiento.

Tabla 25*Porcentaje de remoción al 8vo día al 30%*

PORCENTAJE DE REMOCIÓN AL 8vo DÍA					
N°	Parámetro	Unidad	R. Inicial	30%	%Re
1	Temperatura	°C	14.2	18.3	-28.9
2	pH		7.6	9.2	-21.1
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1150	121.5	89.4
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	640	89.5	86.0
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	24000000	6.5	100.0

La tabla 25 evidencia los resultados del tratamiento del día 8 al 30% una de las dosis que obtuvo porcentajes altos de remoción como lo es la DQO se alcanzó un 89.4%, la DBO 86% y los coliformes al 100%

Tabla 26*Porcentaje de remoción al 8vo día al 50%*

PORCENTAJE DE REMOCIÓN AL 8vo DÍA					
N°	Parámetro	Unidad	R. Inicial	50%	%Re
1	Temperatura	°C	14.2	18.1	-27.5
2	pH		7.6	9.35	-23.0
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1150	81.5	92.9
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	640	46	92.8
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	24000000	4	100.0

La tabla 26 evidencia los resultados del tratamiento del día 8 al 50% una de las dosis que obtuvo porcentajes altos de remoción como lo es la DQO se alcanzó un 92.9%, la DBO 92.8% y los coliformes al 100%

Tabla 27*Porcentaje de remoción al 10mo día al 15%*

PORCENTAJE DE REMOCIÓN AL 10mo DÍA					
N°	Parámetro	Unidad	R. Inicial	15%	%Re
1	Temperatura	°C	14.2	17.55	-23.6
2	pH		7.6	8.675	-14.1
3	Demanda química de oxígeno	mg/L	1150	112.5	90.2
4	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	640	68	89.4
5	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	24000000	0	100.0

Por otro lado, la tabla 27 evidencia los resultados del porcentaje de remoción que se obtuvo al décimo día de tratamiento.

Los hallazgos de la investigación permiten afirmar que la dosis adecuada para el presente tratamiento es al 15% ya que a esta dosis se logró remover la DQO a un 90.2%, la DBO al 89.4% y los coliformes al 100% en un periodo de 10 días, y a este periodo no presento caídas de microalgas ni incremento de materia organica, por lo que, se asegura que puede continuar realizando su tratamiento en los próximos días.

Resultado de análisis estadístico

- a) Capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de la DBO del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Tabla 28

Resumen del modelo: dosis de microalga Scenedesmus, días y concentración DBO

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,585 ^a	0,343	0,303	148,316

a. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga *Scenedesmus* (%), Dias

La Tabla 28 muestra el resumen del modelo estadístico, donde se evalúa la relación entre la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días sobre la concentración de DBO. El modelo presenta una correlación positiva moderada ($R=0,585$) y explica el 34,3% (R^2) de la variabilidad en la DBO, con un ajuste razonable (R cuadrado ajustado= $0,303$) y un error estándar de estimación de 148,316, indicando que la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días son predictores significativos de la concentración de DBO.

Tabla 29

Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto dosis de microalga Scenedesmus y días en la concentración DBO

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	378302,35	2	189151,17	8,599	0,001 ^b
Residuo	725920,40	33	21997,59		
Total	1104222,75	35			

a. Variable dependiente: DBO (mg/L)

b. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga Scenedesmus (%), Días

La Tabla 29 evidencia los hallazgos del ANOVA que evalúa el impacto de la dosis de microalga Scenedesmus y el número de días en la concentración de DBO. Los resultados indican el modelo de regresión presenta significancia ($p=0,001$), explicando la variabilidad en la DBO, con un vínculo estadísticamente significativo entre la dosis de microalga Scenedesmus y los días con la concentración de DBO. El valor F de 8,599 y la probabilidad de 0,001 sugieren que la dosis de microalga Scenedesmus y el número de días influyen significativamente en la disminución de la DBO, lo que confirma la relevancia de estos factores en el modelo.

Tabla 30

Coefficientes de la ecuación de regresión para la DBO en función microalga Scenedesmus y los días

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
(Constante)	550,205	192,043		2,865	0,007
Días	-27,567	22,110	-0,176	-1,247	0,221
Dosis de la microalga Scenedesmus (%)	-5,489	1,388	-0,558	-3,955	0,000

a. Variable dependiente: DBO (mg/L)

La Tabla 30, los resultados indican que, manteniendo constantes los demás factores, por cada 1% de aumento en la dosis de microalga *Scenedesmus*, la DBO reduce en 5,489 mg/L ($p=0,000$), lo que sugiere un efecto significativo y negativo. En cuanto a los días, no se halló un efecto significativo ($p=0,221$). La constante del modelo es 550,205, lo que implica que, en ausencia de microalga *Scenedesmus* y días, la DBO sería de 550,205 mg/L.

La ecuación de regresión lineal correspondiente es:

$$DBO = 550,205 - 5,489X_1 - 27,567X_2$$

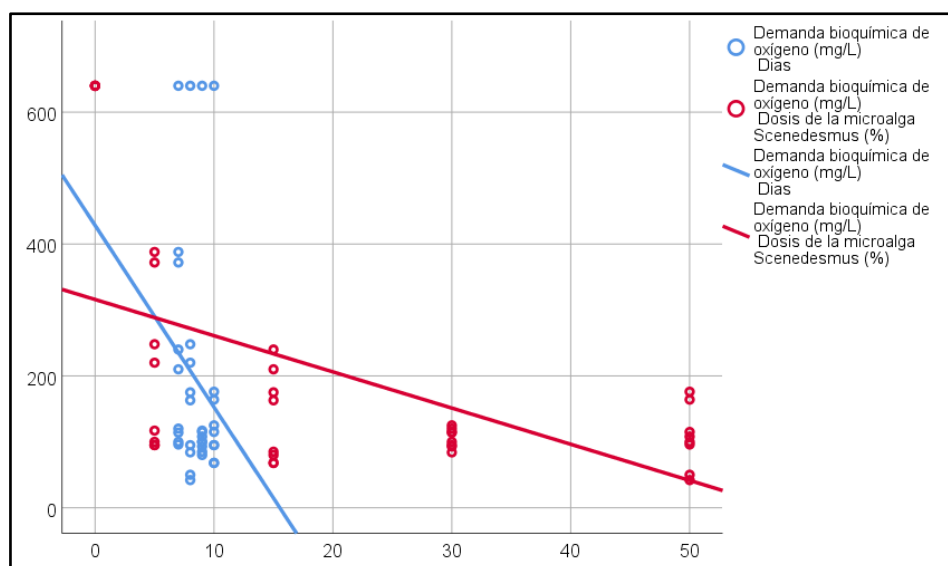
DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

X_1 = Dosis de microalga *Scenedesmus* (%)

X_2 = Número de días.

Figura 15

*Relación entre la dosis de microalga *Scenedesmus*, Número de días y la DBO*



La gráfica muestra que, al aumentar la dosis de *Scenedesmus*, la DBO disminuye, indicando un efecto positivo de la microalga en la reducción de la DBO, evidenciado por la línea de regresión roja. Además, se observa una

relación inversa entre los días y la DBO, sugiriendo que el tiempo también influye en la eficacia de la microalga.

b) Capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de la, DQO del afluente de las aguas depuradas domesticas de Moho.

Tabla 31

Resumen del modelo: dosis de microalga Scenedesmus, días y concentración DQO

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,628 ^a	0,394	0,358	262,449

a. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga *Scenedesmus* (%), Días

La Tabla 31 muestra el resumen del modelo estadístico que evalúa la relación entre la dosis de microalga *Scenedesmus*, el número de días y la concentración de DQO. El modelo presenta una correlación moderada ($R=0,628$) y explica el 39,4% (R^2) de la variabilidad en la DQO, con un ajuste razonable (R cuadrado ajustado= $0,358$) y un error estándar de estimación de 262,449. Esto sugiere que la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días son predictores significativos de la concentración de DQO.

Tabla 32

Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto dosis de microalga Scenedesmus y días en la concentración DQO

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1479726,71	2	739863,354	10,741	0,000 ^b
Residuo	2273026,18	33	68879,581		
Total	3752752,89	35			

a. Variable dependiente: DQO mg/L

b. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga *Scenedesmus* (%),

Días

Los hallazgos del ANOVA se presentan en la Tabla 32, evalúa el impacto de la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días en la concentración de(DQ). Los resultados indican que el modelo de regresión es altamente significativo ($p=0,000$), explicando la variabilidad en la DQO, con un vínculo estadísticamente significativo entre la dosis de microalga *Scenedesmus* y los días con la concentración de DQO. El valor F de 10,741 y la probabilidad de 0,000 sugieren que la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días tienen un efecto significativo en la reducción de la DQO, lo que confirma la relevancia de estos factores en el modelo. Esto implica que el modelo es eficaz para predecir la concentración de DQO en función de la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días

Tabla 33

Coefficientes de la ecuación de regresión para la DQO en función microalga Scenedesmus y los días

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
(Constante)	1115,038	339,825		3,281	0,002	
Días	-62,600	39,124	-0,217	-1,600	0,119	
Dosis de la microalga <i>Scenedesmus</i> (%)	-10,682	2,456	-0,589	-4,350	0,000	

a. Variable dependiente: DQO (mg/L)

La Tabla 33. Los resultados indican que por cada 1% de incremento en la dosis de microalga *Scenedesmus*, la DQO reduce en 10,682 mg/L ($p=0,000$), lo que sugiere un efecto significativo y negativo. El número de días no tiene una influencia significativo en la DQO ($p=0,119$). La ecuación de regresión es:

$$DQO = 1115,038 - 10,686X_1 - 62,600X_2$$

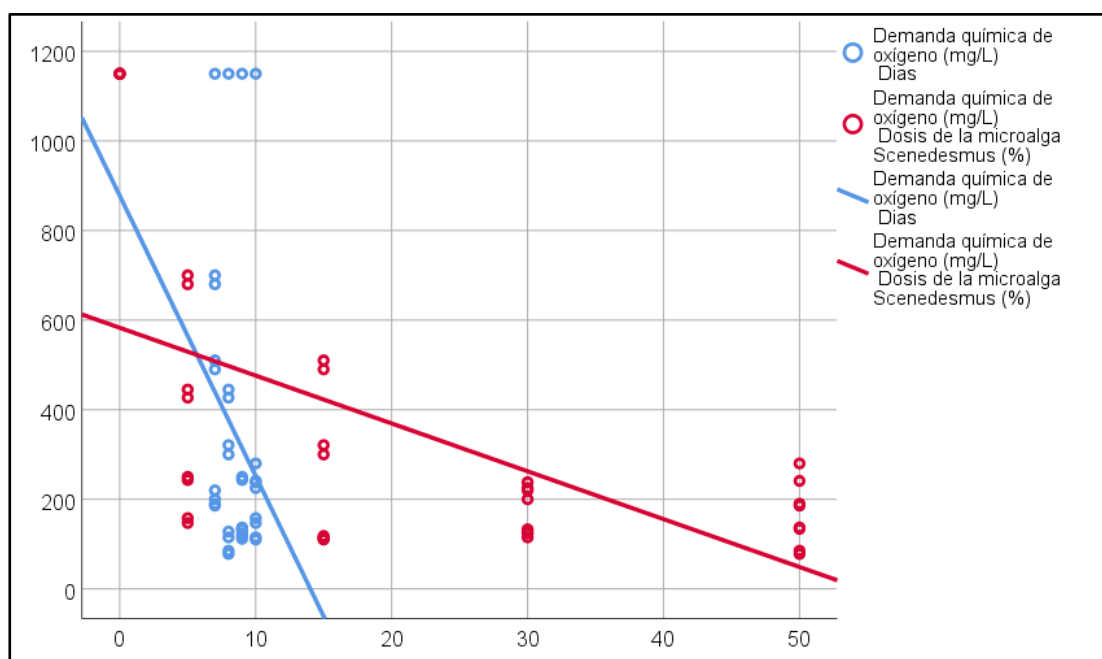
DQO = Demanda Química de Oxígeno (mg/L)

X_1 = Dosis de microalga *Scenedesmus* (%)

X_2 = Número de días.

Figura 16

*Relación entre la dosis de microalga *Scenedesmus*, Número de días y la DQO*



La gráfica muestra que, al aumentar la dosis de *Scenedesmus*, la DQO disminuye, indicando un efecto positivo de la microalga en la reducción de la DQO, evidenciado por la línea de regresión roja. Además, se observa una relación inversa entre los días y la DQO, sugiriendo que el tiempo también influye en la eficacia de la microalga.

c) Capacidad de la microalga *Scenedesmus* para la remoción de los coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho.

Tabla 34

Resumen del modelo: dosis de microalga Scenedesmus, días y concentraciones coliformes termo tolerantes

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,441 ^a	0,195	0,146	7070026,520

a. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga Scenedesmus (%), Días

La Tabla 34 muestra el resumen del modelo estadístico que evalúa la relación entre la dosis de microalga Scenedesmus, el número de días y las concentraciones de coliformes termo tolerantes. El modelo presenta una correlación moderada ($R=0,441$) y explica el 19,5% (R^2) de la variabilidad en las concentraciones de coliformes termo tolerantes, con un ajuste razonable (R cuadrado ajustado= $0,146$). El error estándar de estimación es de 7.070.026,520, lo que sugiere que la dosis de microalga Scenedesmus y el número de días ejercen una influencia considerable, aunque moderada, en la reducción de las concentraciones de coliformes termo tolerantes.

Tabla 35

Análisis de ANOVA, para evaluar el Impacto dosis de microalga Scenedesmus y días en la concentración de coliformes termo tolerantes

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	3984521329 43536,5	2	1992260664 71768,3	3,986	0,028 ^b
Residuo	1649514074 927951,8	33	4998527499 7816,7		
Total	2047966207 871488,2	35			

a. Variable dependiente: Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

b. Predictores: (Constante), Dosis de la microalga Scenedesmus (%), Días

La Tabla 35 evidencia los resultados del ANOVA que evalúa el impacto de la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días en la manifestación de coliformes termo tolerantes. Los resultados indican que el modelo de regresión es significativo ($p=0,028$), explicando la variabilidad en la concentración de coli. termo tolerantes. El valor F de 3,986 sugiere que la dosis de microalga *Scenedesmus* y el número de días aportan de forma considerable a la disminución de la concentración de coliformes termo tolerantes, aunque el efecto no es muy fuerte. Esto sugiere que la microalga *Scenedesmus* puede tener un potencial como agente de remoción de coliformes termo tolerantes en agua.

Tabla 36

Coefficientes de la ecuación de regresión para coliformes termo tolerantes en función microalga Scenedesmus y los días

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente s estandarizados	t	Sig.
	B	Desv Error	Beta		
(Constante)	6819110,98	9154434,66		0,745	0,462
Días	-208,21	1053937,33	0,000	0,000	1,000
Dosis de la microalga <i>Scenedesmus</i> (%)	-186772,43	66152,42	-0,441	-2,823	0,008

a. Variable dependiente: Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

La Tabla 36. Los resultados indican que por cada 1% de incremento en la dosis de microalga *Scenedesmus*, la concentración de coliformes termo tolerantes reduce en 186.772,43 NMP/100mL ($p=0,008$), lo que sugiere un efecto significativo y negativo. El número de días no tiene una repercusión significativa

en la concentración de coliformes termo tolerantes ($p=1,000$). La ecuación de regresión es:

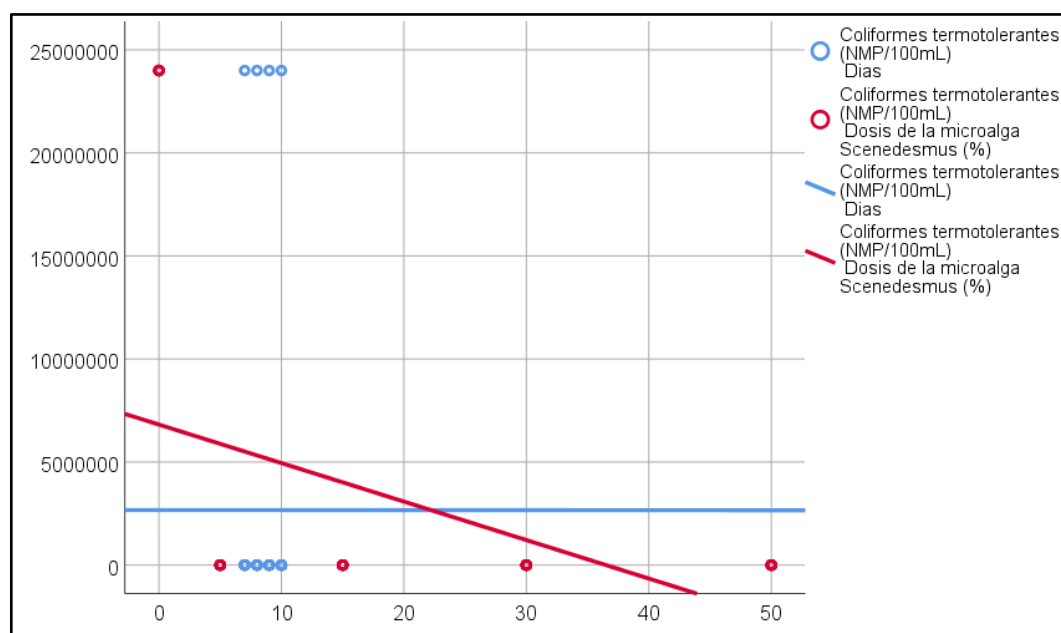
$$\text{Coliformes termo tolerantes} = 6.819.110,98 - 186.772,43X_1 - 208,21X_2$$

X_1 = Dosis de microalga *Scenedesmus* (%)

X_2 = Número de días.

Figura 17

Relación entre la dosis de microalga Scenedesmus, Número de días y los Coliformes termo tolerantes



La Figura 17 ilustra la relación entre la dosis de microalga *Scenedesmus*, el número de días y la manifestación de coli. termotolerantes (NMP/100 mL). Se evidencia que a medida que se adiciona la dosis de *Scenedesmus*, la cantidad de coliformes termotolerantes tiende a disminuir, el número de días no parece influir significativamente en esta relación, ya que los valores de coliformes se mantienen relativamente constantes a lo largo del tiempo.

4.2. Discusiones

En esta investigación, inicialmente se efectuó una caracterización preliminar antes del tratamiento, obteniéndose resultados de temperatura de 14.2 °C, pH 7.6, DQO de 1150 mg/L, DBO de 640 mg/L y coliformes termotolerantes. Por otro lado, (Cabana Alanoca et al., 2022) alcanzaron valores de DQO de 1028.7 mg/L y DBO de 560 mg/L. (Muñoz, 2015) consiguió valores de sólidos de 150 mg/L en aguas depuradas municipales (Mendoza, 2016) informó valores de coli. termotolerantes en efluentes municipales, mientras que Quispe (2023) Se llevó a cabo una caracterización preliminar obteniendo datos de temperatura de 13.8 °C, pH 7.18, SST de 170 mg/L, DQO de Artículo 1020 mg/L, DBO de 450 mg/L y coliformes que toleraban el calor en NMP/100 mL.

Para tener un tratamiento eficiente se realizó las condiciones ambientales considerando iluminación, aireación, con dosis del 5%, 15%, 30% y 50% de microalga realizando las pruebas a escala de laboratorio, Asimismo (J. Abalde et al., 1995). la mayoría de sus especies prosperan en temperaturas que oscilan entre 16 y 24 °C.

Para tener en conocimiento de la dosis adecuada para la remoción de la materia orgánica y patógenos se realizó el tratamiento en un periodo de 10 días, según los resultados obtenidos se logró obtener mayo remoción al 30% y al 50% al 8vo día, sin embargo para los próximos días presento incremento de materia orgánica es a raíz de ello que se concluye que a una dosis del 15% se logra mayor remoción por el periodo de tiempo mientras que Quispe (2023) obtuvo remociones con la microalga *Scenedesmus* Sp. La DBO tuvo una remoción del 81.02%, la DQO del 82.25% y los coliformes del 100%. Además, Muñoz & Guieysse (2006), comprobaron que la erradicación de *E. coli* en cultivos de



microalgas se debe a la alteración de las características del medio, Las microalgas se forman como consecuencia de las actividades metabólicas y fotosintéticas de las mismas. Toha et al. (1991), ha establecido que el pH es un factor determinante en as microalgas ofrecen una alternativa viable para la eliminación de bacterias coliforme viable para alcanzar las condiciones óptimas y tratar aguas depuradas con altas concentraciones bacterianas Según Marois-Fiset et al. (2013), revelaron que E. coli se veía afectada por un pH de 9,0 a temperatura ambiente, lo que resultó en una disminución notable de la manifestación residual en el efluente, pasando de $4,6 \times 10^5$ NMP/100 ml a $1,2 \times 10^0$ NMP/100 ml.



CONCLUSIONES

- Para realizar el presente tratamiento se realizó una caracterización inicial en donde se obtuvo los siguientes resultados temperatura de 14.2 C, pH 7.6, la DQO de 1150 mg/L, DBO 640 mg/L y los coli termotolerantes de $2.4 * 10^7$ NMP/100ml.
- Las dosis consideradas para la presente investigación fueron del 5%, 15%, 30% y 50%, tratamiento que se realizó a escala laboratorio en donde se adecuo una fuente lumínica con focos fluorescentes de 40Watts, planchas de Tecnopor para mantener la temperatura adecuada y sistema de aireación. En donde se obtuvo temperaturas adecuadas y pH alcalino como requiere el tratamiento.
- Se obtuvo altos porcentajes de remoción ya que la dosis adecuada para el presente tratamiento es al 15% ya que a esta dosis se logró remover la DQO a un 90.2%, la DBO al 89.4% y los coliformes al 100% en un periodo de 10 días



RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una caracterización de parámetros físicos y químicos del lugar de muestreo
- Se recomienda realizar el tratamiento a escala real con las mismas condiciones
- Se recomienda realizar pruebas a escala laboratorio para la obtención de biocombustibles de la biomasa de microalga obtenida en el tratamiento



BIBLIOGRAFÍA

- Abalde, J. E. A., Cid Blanco, A., España, U. da Coruña., José Pablo Fidalgo Paredes, España, U. da Coruña., Torres Vaamonde, J. E., Universidade da Coruña. España, Herrero López, C., & Universidade da Coruña. España. (1995). *Microalgas: Cultivo y aplicaciones* (2.^a ed.). Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións. <https://shre.ink/gl61>
- Abdel, N. R., Al-Homaidan, A. A., & Ibraheem, I. B. M. (2012). Microalgae: A Sustainable Solution for Wastewater Treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(3), 257-275. <https://shre.ink/gl6U>
- Acuña, B. G., Palacios, B. Q., & Baltazar, S. (2021). *Efecto del efecto de las aguas depuradas domésticas de la ciudad de Baños del Inca en la calidad del agua del río Chonta, 2021*. [Tesis de pregrado]. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Amaral, M. del M. M. (2016). *Tratamiento de aguas depuradas con microalgas en reactores abiertos*. <https://shre.ink/gles>
- APHA, A. G. (2005). *Métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales AHPA - AWWA - WPCF*. (17.^a ed.). Dias de Santos.
- Arévalo, J. C. C., & Malo, B. O. M. (2017). *Evaluación sobre la eficiencia de Chlorella Vulgaris para la eliminación de materia orgánica en aguas residuales de la planta de PTAR el Salitre a nivel laboratorio* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. <https://shre.ink/glek>
- Camacho, J. C., Ferrer, I., & Uggetti, E. (2015). *Extracción de microalgas cultivadas en lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas depuradas. Efecto del almidón sobre la floculación y la producción de biogás* [Tesis de maestría].



- Contreras-Flores, C., Peña-Castro, J. M., & Flores-Cotera, L. B. (2003). *Desarrollos en la planificación de fotobiorreactores para el cultivo de microalgas*. 28.
- Elias, M. L. N. (2014). *Evaluación de la contaminación en la zona urbana del río Chira debido a las aguas depuradas de la ciudad de Sullana provincia Sullana, departamento de Piura* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Piura.
- Escorihuela, A., Núñez, M., Rosales Loaiza, N., Mora, R., & Morales, E. (2007). Microalgas presentes em um sistema de lagoa de polimento para tratamento de efluentes de uma estação de tratamento de água residual urbana. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, ISSN 1690-9763, Vol. 24, Nº. 1, 2007, pags. 225-230, 24.
- Ibáñez, A. R. P., & Vélez, I. C. V. (2019). *Mejorado de Chlorella sp. en un sistema de fotobiorreactores verticales con columna* [Tesis de pregrado]. Universidad de la Costa.
- Mendoza, J. A. M. (2016). *Efecto del impacto del cultivo de la microalga Scenedesmus acutus en la eliminación de nutrientes y la reducción de la carga bacteriana en diferentes diluciones de aguas residuales municipales del distrito de Chimbote, Ancash* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Santa.
- Mérida, L. G. R. (2020). *Agrobiología: Una visión global y sus aplicaciones*. <https://doi.org/10.4322/mp.2020.001>
- Mojica, I. Y. M. (2020). *Las microalgas como una alternativa viable para la eliminación de materia orgánica en aguas depuradas domésticas* [Universidad de Pamplona]. <https://shre.ink/glec>



- Muñoz, L. A. (2015). *Remoción de aguas depuradas purines de cerdo y digestato anaerobio mediante la remoción de materia orgánica y nutrientes utilizando un consorcio de microalgas-bacterias* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de México.
- Pardo, S., Suárez, H., & Soriano, E. (2006). Tratamiento de efluentes como herramienta para la acuicultura responsable. *Revista MVZ Córdoba*, 11(Supl), 20-29. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1041>
- Ponte, W. M. L. (2019). *Evaluación de la eficiencia de dos especies de microalgas en la eliminación de nutrientes de aguas residuales provenientes de la PTAR Taboada del Callao, Perú* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Quispe, K. K. Q. (2023). *Evaluación del desempeño de las microalgas Scenedesmus sp. y Chlorella sp. en la depuración de aguas residuales domésticas a escala de laboratorio del Distrito de Juliaca*. <https://shre.ink/gl6a>
- Ramírez, C. A. S. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U.
- Saltos, A. A. A. (2023). *Aplicación de las microalgas Chlorella spp para la depuración de aguas residuales domésticas en Ballenita, Santa Elena y Anconcito o.* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <https://shre.ink/gle1>
- Sanga, D. Y. M. (2023). *Microalgas de Scenedesmus en la extracción de nutrientes y materia orgánica de aguas residuales domésticas Juliaca 2023* [Tesis de pregrado]. Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez.



- Sonune, A., & Ghate, R. (2004). Progress in effluent treatment processes. *Desalination*, 167, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.06.113>
- Sucasaca, D. Y. S. (2019). *Remoción de la biomasa de microalgas del riachuelo Torococha para la eliminación de nitrógeno y fósforo de aguas residuales domésticas en condiciones de laboratorio, Juliaca 2017*. [Tesis de pregrado]. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- SUNASS. (2016). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas depuradas en el marco de la operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. UNASS.
- Ulloa, V. H. C., & Ramirez, D. A. R. (2019). *Rendimiento de la eliminación de coliformes totales y fecales en aguas depuradas domésticas mediante el uso de Scenedesmus acutus en un ambiente de laboratorio* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Santa.
- Valderrama, J. E. T. (2018). *Evaluación del potencial de Chlorella Vulgaris Beyerinck inmovilizada en alginato para la depuración de aguas residuales en Huaura-Limaa* [Tesis de pregrado]. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Whitton, R., Ometto, F., Pidou, M., Jarvis, P., Villa, R., & Jefferson, B. (2015). Microalgae in city wastewater nutrient treatment: Methods reactors, and future outlook for tertiary treatment. *Environmental Technology Reviews*, 4(1), 133-148. <https://doi.org/10.1080/21622515.2015.1105308>



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE MOHO

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS
¿Qué tan eficiente será la microalga Scenedesmus en el tratamiento de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho?	Determinar la eficiencia de la microalga Scenedesmus en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho	• La microalga Scenedesmus es eficiente en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes en las aguas residuales domesticas de Moho Hipótesis específico	Variable Independiente: Condiciones de crecimiento de microalga Variable Dependiente: Concentración de la DBO, DQO y coliformes termotolerantes	Enfoque: Cuantitativo Método: Deductivo Diseño: No experimental Tipo investigación: Básico Temporalidad: Longitudinal	Técnica: Análisis documental y bibliográfico Instrumento: Ficha documental y bibliográfica
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué concentración se encontrará la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho? • ¿Cuál será la dosis optima de la microalga Scenedesmus en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho? • ¿Qué porcentaje de remoción presentara la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho? 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho. • Determinar la dosis optima de la microalga Scenedesmus en el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho. • Evaluar la capacidad de la microalga Scenedesmus para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho 	<ul style="list-style-type: none"> • La demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termo tolerantes del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho se encuentran en concentraciones elevadas. • Las dosis de la microalga Scenedesmus serán adecuadas para el tratamiento de aguas residuales domesticas de Moho. • Se presentará altos porcentajes de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes con microalgas Scenedesmus del afluente de las aguas residuales domesticas de Moho. 			



Anexo 2: Resultados de análisis



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA088 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : LIZBETH QUENALLATA POMA
1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE MOHO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 01
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Quenallata Poma
2.4. **Fecha de ensayo** : 02/04/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : Moho
2.7. **Distrito** : Moho
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - I	N: 8300664.495 E: 447584.777	01/04/2024	10:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	Resultado
Temperatura	°C	14.2
pH		7.6
Demanda química de oxígeno	mg/L	1150
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	640
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	$2.4 * 10^7$

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 30 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - EICP



RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA089 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : LIZBETH QUENALLATA POMA
- 1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE MOHO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 08
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Quenallata Poma
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 14/04/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : Moho
- 2.7. **Distrito** : Moho
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
7D1	N: 8282287.2 E: 380119.1	14/04/2024	10:15
7D2	N: 8282287.2 E: 380119.1	14/04/2024	10:30
7D3	N: 8282287.2 E: 380119.1	14/04/2024	11:00
7D4	N: 8282287.2 E: 380119.1	14/04/2024	11:40



III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	7D1	7D2	7D3	7D4
Temperatura en laboratorio	°C	18	18.2	18.4	18.7
pH		8.54	8.62	8.59	8.62
Demanda química de oxígeno	mg/L	700	490	220	190
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	372	210	114	96
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	1500	910	430	110

Parámetro	Unidad	7RD1	7RD2	7RD3	7RD4
Temperatura en laboratorio	°C	17.8	18.1	18.2	18.4
pH		8.5	8.6	8.54	8.65
Demanda química de oxígeno	mg/L	680	510	200	186
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	388	240	120	100
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	1100	930	400	900

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 30 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr/ Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP



RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA090 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : LIZBETH QUENALLATA POMA
- 1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE MOHO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 08
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Quenallata Poma
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 15/04/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : Moho
- 2.7. **Distrito** : Moho
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
8D1	N: 8282287.2 E: 380119.1	15/04/2024	10:20
8D2	N: 8282287.2 E: 380119.1	15/04/2024	10:40
8D3	N: 8282287.2 E: 380119.1	15/04/2024	11:15
8D4	N: 8282287.2 E: 380119.1	15/04/2024	12:00



III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	8D1	8D2	8D3	8D4
Temperatura en laboratorio	°C	18.3	18.5	18.4	18.2
pH		9.1	9.3	9.1	9.4
Demanda química de oxígeno	mg/L	427	300	128	78
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	220	163	84	42
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	<1	<1

Parámetro	Unidad	8RD1	8RD2	8RD3	8RD4
Temperatura en laboratorio	°C	18.1	18.3	18.2	18
pH		8.7	9	9.3	9.3
Demanda química de oxígeno	mg/L	445	321	115	85
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	248	175	95	50
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	<1	<1

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 30 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

 Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
 CIP. 47790
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP



RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA091 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : LIZBETH QUENALLATA POMA
- 1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE MOHO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 08
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Quenallata Poma
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 16/04/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : Moho
- 2.7. **Distrito** : Moho
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
9D1	N: 8282287.2 E: 380119.1	16/04/2024	09:20
9D2	N: 8282287.2 E: 380119.1	16/04/2024	9:40
9D3	N: 8282287.2 E: 380119.1	16/04/2024	10:10
9D4	N: 8282287.2 E: 380119.1	16/04/2024	10:25



III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	9D1	9D2	9D3	9D4
Temperatura en laboratorio	°C	17.5	17.6	17.8	17.7
pH		9.5	9.38	9.43	9.62
Demanda química de oxígeno	mg/L	250	112	124	134
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	117	85	93	108
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	<1	4.00

Parámetro	Unidad	9RD1	9RD2	9RD3	9RD4
Temperatura en laboratorio	°C	17.3	17.4	17.5	17.3
pH		9.3	9	9.25	9.31
Demanda química de oxígeno	mg/L	243	118	133	137
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100	80	100	115
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	<1	9.00

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 30 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA092 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : LIZBETH QUENALLATA POMA
- 1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE LA MICROALGA SCENEDESMUS EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE MOHO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 08
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Quenallata Poma
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 17/04/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : Moho
- 2.7. **Distrito** : Moho
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
10D1	N: 8282287.2 E: 380119.1	17/04/2024	11:00
10D2	N: 8282287.2 E: 380119.1	17/04/2024	11:20
10D3	N: 8282287.2 E: 380119.1	17/04/2024	11:40
10D4	N: 8282287.2 E: 380119.1	17/04/2024	12:10



III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	10D1	10D2	10D3	10D4
Temperatura en laboratorio	°C	17.7	17.8	18.1	18
pH		8.54	8.62	8.59	8.62
Demanda química de oxígeno	mg/L	147	115	225	241
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	95	68	115	164
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	9.00	4.00

Parámetro	Unidad	10RD1	10RD2	10RD3	10RD4
Temperatura en laboratorio	°C	17.5	17.3	18.1	18.2
pH		8.7	8.73	8.66	8.69
Demanda química de oxígeno	mg/L	158	110	238	280
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	95	68	125	176
Coliformes termotolerantes	NTU/100ml	<1	<1	9.00	4.00

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

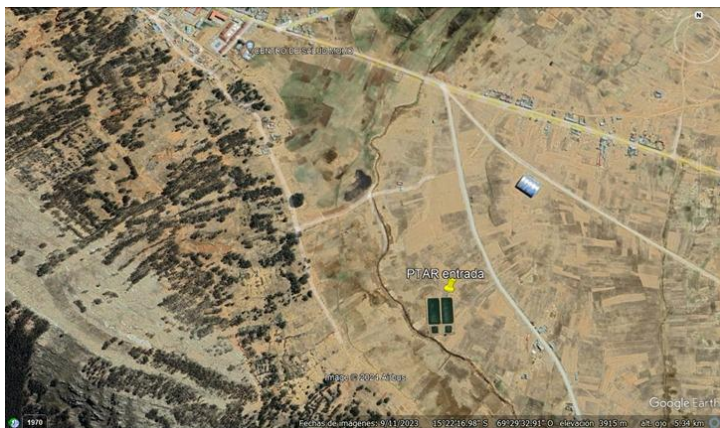
Juliaca, 30 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Anexo 3: Panel fotográfico

Ubicación



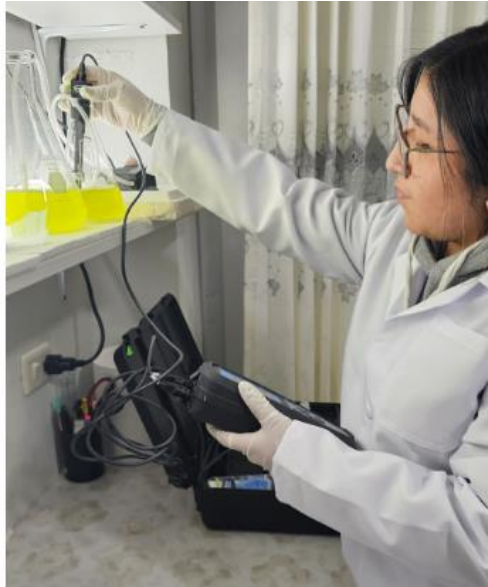
Toma de muestras



Acondicionamiento de la microalga



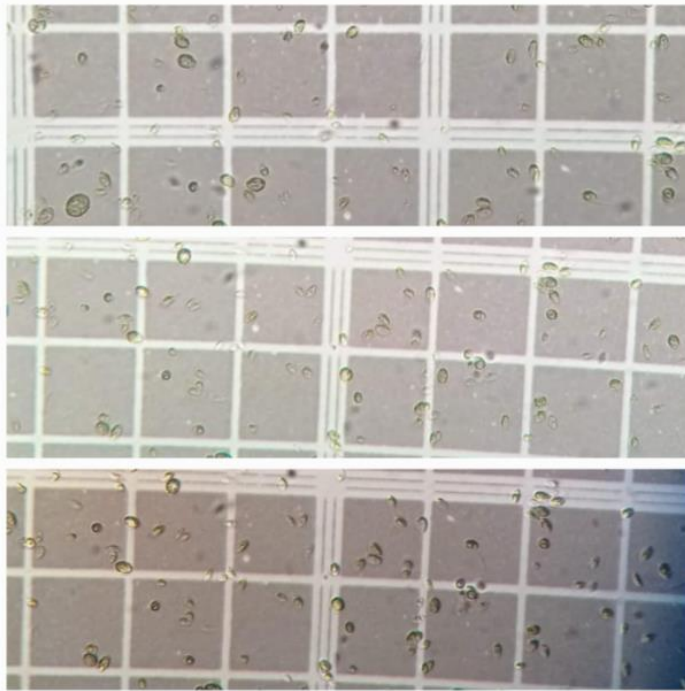
Control de pH y temperatura



Conteo en microscopio



Vista de microalgas



Análisis finales





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 03/12/2024

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Palabras claves, and a question about development at UANCV.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

03/12/2024

Fecha