



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

**AISLAMIENTO DE HONGOS FILAMENTOSOS EN LODOS PRIMARIOS
PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA
PLANTA PROCESADORA DE ATÚN.**

*Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Biotecnología*

AUTORES:

CRISTINA ALEJANDRA TORO MARTÍNEZ
DOMÉNICA AZUCENA GOYA MAZA

TUTOR:

JHON MOLINA

GUAYAQUIL-ECUADOR

2023

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Cristina Alejandra Toro Martínez** con documento de identificación N° **0931455299** y **Doménica Azucena Goya Maza** con documento de identificación N° **0944020361**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, septiembre del 2023

Atentamente,



Cristina Alejandra Toro Martínez
C.I: 0931455299



Doménica Azucena Goya Maza
C.I. 0944020361

II. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana

Nosotras, **Cristina Alejandra Toro Martínez** con documento de identificación No. **0931455299** y **Doménica Azucena Goya Maza** con documento de identificación No. **0944020361**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental: **Aislamiento de Hongos Filamentosos de Lodos Primarios Procedentes del Tratamiento de Aguas Residuales de una Planta Procesadora de Atún**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biotecnología, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del 2023

Atentamente,



Cristina Alejandra Toro Martínez

C.I: 0931455299



Doménica Azucena Goya Maza

C.I. 09440203

III. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.

Yo, **John Enrique Molina Villamar** con documento de identificación N° **0917745655**, docente de la **Universidad Politécnica Salesiana**, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **AISLAMIENTO DE HONGOS FILAMENTOSOS DE LODOS PRIMARIOS PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ATÚN**, realizado por **Cristina Alejandra Toro Martínez** con documento de identificación N° **0931455299** y por **Doménica Azucena Goya Maza** con documento de identificación N° **0944020361**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la Proyecto Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'John Enrique Molina Villamar', written over a horizontal dotted line.

John Enrique Molina Villamar

Nombres completos
C.I: 0917745655

II. Dedicatoria

Agradezco a mi familia por su incondicional apoyo y amor durante todo este proceso. Su aliento y confianza han sido fundamentales para alcanzar este logro. También quiero expresar mi gratitud a mis profesores, cuyos conocimientos y orientación han sido invaluable en mi formación académica. Agradezco a mis amigos por su apoyo emocional y motivación constante. Además, quiero reconocer a mi universidad por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional. Sin todos ustedes, este logro no habría sido posible. ¡Gracias de todo corazón!

Con mucho amor y agradecimiento,
Cristina Toro

Dedicatoria

Deseo expresar mi gratitud sincera y dedicarle este logro primero a Dios por haberme brindado salud y fortaleza durante cada uno de los años de estudio y en especial durante el último periodo previo a convertirme en profesional.

Dedicarle este logro a mi familia, mi papá por siempre estar presente ayudándome económicamente en lo que necesito y por siempre haberme brindado una buena educación de calidad, a mi mamá por siempre alentarme en todas las etapas a lo largo de mi vida, escucharme y apoyarme en cada uno de mis procesos de aprendizaje sean buenos o malos.

A mis hermanos que sepan que deben esforzarse cada día por conseguir sus objetivos y la mejor manera de hacerlo es a través de la educación, siendo profesionales. A mi novio por siempre apoyarme, respaldarme y confiar en mí, por ser incondicional y respetar mis espacios para que yo pueda concentrarme en mis estudios.

Les dedico de todo corazón esta tesis hecha con mucho esfuerzo para que puedan verme convertida en una gran profesional sin desvanecer esas ganas de salir adelante cada día.

Con mucho cariño,
Doménica Goya Maza

Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana por habernos brindado todo el apoyo en conocimiento e infraestructura a lo largo de toda la carrera universitaria para que podamos desarrollarnos como profesionales en cada uno de los semestres cursados.

Agradecemos a nuestro director de Carrera el Ing. Jose Luis Ballesteros Lara por siempre estar presente, apoyando y brindado mejoras continuas en nuestro proceso de formación como profesionales, por siempre estar pendiente de cada uno de los estudiantes satisfaciendo dudas y necesidades para lograr un objetivo común.

Le damos las gracias también a todos los docentes, desde el primero hasta el octavo semestre, quienes impartieron sus conocimientos y destrezas para que podamos absorber las mejores de las enseñanzas convirtiéndolas en experiencias que quedaran en cada una de nosotras para convertirlas en experiencias laborales a futuro.

Un agradecimiento especial a las laboratoristas quienes otorgaron su tiempo y paciencia para brindarnos un espacio experimental en donde pudimos desarrollar los resultados obtenidos de esta tesis.

Agradeciendo a todos los que hicieron posible este proyecto,
Cristina Toro & Domenica Goya

Resumen

La presente tesis se enfoca en el estudio de hongos filamentosos aislados de lodos primarios, los cuales proceden del tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de atún, estos se especifican en el marco teórico desglosando cada uno de los procesos de la planta, los equipos que se utilizan a breves rasgos y se realiza un enfoque más especializado en el sustrato que son los lodos primarios y los microorganismos más comunes presentes dentro de este ambiente.

Se realizó la metodología a través de procesos fisicoquímicos para conocer el microambiente de desarrollo de estos microorganismos, seguido a la aplicación de métodos microbiológicos como selectividad de medio de cultivo, aislamiento, purificación, identificación macroscópica, caracterización microscópica y ensayos de adaptabilidad de los hongos en función del tiempo y del tipo de medio de cultivo a desarrollarse.

Se obtuvo como resultado fisicoquímico a los valores del sustrato que son la base de conocimiento para definir el medio de cultivo en el que se realizará un aislamiento encontrando una variedad de hongos que fueron identificados mediante morfología y claves taxonómicas de entre ellos los más comunes "*Penicillium*", "*Aspergillus*", "*Fusarium*", "*Trichoderma*", etc. Se tomaron a "*Aureobasidium*" y "*Geotrichum*" para obtener resultados de crecimiento micelial debido a sus capacidades de tolerancia a diversas condiciones de medio de cultivo, todo esto con la ayuda de estadísticos usando Shapiro Wills, Kruskal Wallis y gráficos de cajas.

Con todos los resultados arrojados y corroborando con autores en la discusión de resultados se puede establecer las conclusiones que concuerdan con los principales objetivos planteados inicialmente para el desarrollo de esta tesis.

ABSTRACT

This thesis focuses on the study of filamentous fungi isolated from primary sludge, which come from the wastewater treatment of a tuna processing plant, these are specified in the theoretical framework breaking down each of the processes of the plant, the equipment used in brief features and a more specialized focus on the substrate that are the primary sludge and the most common microorganisms present in this environment.

The methodology was carried out through physicochemical processes to know the microenvironment of development of these microorganisms, followed by the application of microbiological methods such as agar medium selectivity, isolation, purification, macroscopic identification, microscopic characterization, and fungi adaptability tests according to the time and type of agar medium to be developed.

The physicochemical results were obtained as substrate values that are the basis of knowledge to define the agar medium in which an isolation will be carried out, finding a variety of fungi that were identified by morphology and taxonomic keys, among them the most common "*Penicillium*", "*Aspergillus*", "*Fusarium*", "*Trichoderma*", etc. "*Aureobasidium*" and "*Geotrichum*" were taken to obtain results of mycelial growth due to their capacity of tolerance to diverse conditions of agar medium, all this with the help of statistics using Shapiro Wills, Kruskal Wallis and box graphs.

With all the results obtained and corroborating with authors in the discussion of the results, conclusions can be drawn that agree with the main objectives initially proposed for the development of this thesis.

Capítulo 1

INDICE DE CONTENIDO

II. DEDICATORIA	5
INDICE DE CONTENIDO	10
CAPITULO 1	10
ANTECEDENTES	16
Introducción.	16
Planteamiento del problema	18
Justificación y delimitación de la investigación.....	18
Objetivos	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Hipótesis.....	20
Hipótesis Nula	20
Hipótesis Alternativa	20
CAPITULO 2.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. El agua como recurso natural.....	21
2.1.1. Usos del agua.....	21
2.1.2. Aguas residuales	22
2.1.3. Clasificación	22
2.1.4. Caracterización Fisicoquímica	23
2.2. Parámetros fisicoquímicos (Agua y sedimento).....	23
2.2.1. pH	23
2.2.2. Temperatura	24
2.2.3. Salinidad	24
2.2.4. Conductividad Eléctrica	24
2.2.5. Fósforo.....	24
2.2.6. Nitrógeno.....	25
2.2.7. Nitrito.....	25

2.2.8. Nitrato.....	25
2.2.9. DQO.....	25
2.3. Planta de tratamiento de agua residual (PTAR)	26
2.3.1. Pretratamiento.....	26
2.3.2. Coagulación.....	26
2.3.3. Floculación	26
2.3.4. Tratamiento primario.....	27
DAF	27
2.3.5. Tratamiento secundario.....	28
2.3.6. Tratamiento terciario.....	28
2.4. Lodos residuales.....	28
2.4.1. Lodo primario	29
2.4.2. Lodo secundario	29
2.4.3. Lodo terciario	29
2.5. Microorganismos existentes en lodos residuales.....	30
2.5.1. Bacterias residuales	30
2.5.2. Levaduras residuales.....	30
2.5.3. Hongos residuales.....	31
2.6. Tipos de hongos presentes en PTAR	31
2.6.1. Penicillium.....	31
2.6.2. Aspergillus	31
2.6.3. Trichoderma.....	32
2.6.4. Chrysosporium.....	32
2.6.5. Cladosporium.....	32
2.6.6. Fusarium spp.....	33
2.6.7. Geotrichum Sp.....	33
2.6.8. Trichophyton.....	34
2.6.9. <i>Aurebasidium</i> Spp.....	34
2.7. Estructura de los hongos	35
2.8. Morfología de los hongos.....	36
2.9. Aplicación biotecnológica de hongos.....	37
CAPITULO 3.....	38

Materiales y Métodos.....	38
3.1. Recolección de la muestra.....	38
3.2. Transporte de muestra	39
3.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos	39
Fósforo Total.....	40
DQO.....	40
Nitrógeno Total.....	41
NO ₂ y NO ₃	42
3.4. Aislamiento de hongos filamentosos.....	42
3.4.1. Técnica de diluciones seriadas.....	42
3.4.2. Purificación de hongos seleccionados	43
3.5. Género e identificación de especies	44
Macromorfología de colonias asiladas	44
3.6. Caracterización microscópica del aislamiento	44
Técnica de cinta adhesiva	44
Técnica de Microcultivo.....	45
3.7. Ensayos de evaluación de adaptabilidad	45
3.7.1. Determinación de la composición adecuada del medio de cultivo para el crecimiento de las cepas aisladas.....	45
3.7.2. Tasa de crecimiento (Tc) radial de hongos filamentosos	47
3.8. Análisis estadístico.....	48
CAPITULO 4.....	49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. Parámetros fisicoquímicos	49
4.2. Aislamiento de hongos filamentosos a partir de lodo primario.....	51
4.2.1 Técnica de diluciones seriadas.....	51
4.3. Caracterización macroscópica y microscópica de las colonias fúngicas obtenidos de los lodos primarios de la PTAR	54
4.3.1. <i>Fusarium</i> sp.	55
4.3.2. <i>Cladosporiom</i> sp.....	57
4.3.3. <i>Penicillium</i> sp.	59
4.3.4. <i>Trichophyton</i> sp.	61
4.3.5. <i>Geotrichum</i> spp.....	63

4.3.7. Auerobasidium sp.	68
4.4.8. <i>Mucor</i> sp.	70
4.4. Tasa de crecimiento (Tc) de hongos aislados de PTAR.....	72
4.4.1. Aureobasidium sp.	72
4.4.2. Geotrichum spp.....	76
Capítulo 5.....	80
5.1. Conclusiones y recomendaciones.....	80
5.1.1. Conclusiones.....	80
5.1.2. Recomendaciones	81
ANEXOS	82
BIBLIOGRAFÍA	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de Medio Basal Mineral Sólido	46
Tabla 2 Composición de medio SDA enriquecido con Cloruro de Sodio	47
Tabla 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos	49
Tabla 4 Descripción de microorganismos presentes en placas madre.....	52
Tabla 5. Características morfológicas de las géneros aisladas	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División del tanque DAF en 3 secciones verticales y 5 secciones horizontales	388
Figura 2. Estructuras fúngicas de <i>Fusarium</i> sp. observadas en estereoscopio en medio PDA	566
Figura 3. Estructuras microscópicas de <i>Fusarium</i> sp. observadas en microscopio a 100x con aceite inmersión ..	567
Figura 4. Estructuras culturales de <i>Cladosporium</i> sp. en medio PDA a,) al anverso b.)al reverso.....	578
Figura 5. Estructuras microscópicas de <i>Cladosporium</i> sp. observadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión	579
Figura 6. Características macroscópicas de <i>Penicillium</i> sp, en medio PDA.....	60
Figura 7. Estructura microscópica de <i>Penicillium</i> sp, observadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión	61
Figura 8. Las estructuras morfológicas de <i>Trychophyton</i> sp. se observaron en un estereoscopio a.) 1x b.)3x	62
Figura 9. Estructuras observadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión del género <i>Trychophyton</i> sp.	63
Figura 10. Las estructuras morfológicas de <i>Geotrichum</i> sp, se observaron en un estereoscopio luego de incubarse durante 3 días.....	64
Figura 11. Estructuras microscópicas del género <i>Geotrichum</i> sp. pbservadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión.....	65
Figura 12. Las estructuras morfológicas de <i>Geotrichum</i> sp, se observaron en un estereoscopio luego de incubarse durante 3 días.....	66
Figura 13. Estructuras microscópicas del género <i>Geotrichum</i> sp. pbservadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión.....	67
Figura 14. Las estructuras morfológicas de <i>Aureobasidium</i> sp, se observaron en un estereoscopio luego de incubarse durante 3 días.....	68
Figura 15. Estructuras observadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión del género <i>Aureobasidium</i> sp.....	69
Figura 16. Hifas de <i>Mucor</i> sp, proyectadas sobre la superficie del medio, junto con abundante propagación de conidios, se observaron en un estereoscopio luego de incubarse durante 3 días.....	70
Figura 17. Estructuras observadas en microscopio a 100x con aceite de inmersión del género <i>Mucor</i> sp	71
Figura 18. Gráfico de cajas de los 3 medios de cultivo evaluados para el género <i>Aureobasidium</i> sp.....	73
Figura 19 Gráfico de barras de los 3 medios de cultivo evaluados para el género <i>Aureobasidium</i> sp....	794

Figura 20. Gráfico de líneas para el crecimiento en función de los días de crecimiento	76
Figura 21. Gráfico de cajas de los 3 medios de cultivo evaluados para el género <i>Geotrichum</i> sp. ...	77
Figura 22. Gráfico de barras de acuerdo con los diferentes medios de cultivo para el género <i>Geotrichum</i> sp.....	78
Figura 23. Crecimiento en los medios de cultivo en función de los días de medición del diámetro del cultivo fúngico.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del software estadístico InfoStat	9090
Anexo 2. Mediciones diarias de los hongos aislados <i>Aureobasidium</i> sp. y <i>Geotrichum</i> sp.	90
Anexo 3. Resultados del software estadístico InfoStat.....	9191
Anexo 4. Medición de diámetro de cultivo fúngico en función de los días	92
Anexo 5. Medición de diámetro de cultivo fúngico en función de los días	9292
Anexo 6. Reactivos usados para desarrollar la metodología	93

Antecedentes

1.1 Introducción

En Ecuador, las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena poseen el 92% de las empresas atuneras. Debido a la ubicación característica provee de una manera accesible la materia prima del sector atunero, gracias a la facilidad en la obtención de recursos, la desembarcación y al espacio físico destinado al buen desarrollo de las plantas industriales (Zambrano-Alcívar & Zambrano-Castro, 2020).

En la industria atunera se requiere del uso del agua como recurso natural primordial y es considerada componente principal en la elaboración de cualquier producto. Se emplea dentro de los distintos procesos productivos del atún como lavado, enjuague, congelado, descongelado, acondicionamiento, cocción e incluso sanitización (Santiaguín-Padilla et al., 2022).

Los efluentes que generan las industrias atuneras a través de la obtención del producto aportan una gran cantidad de grasas, aceites, salinidad elevada, exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo lo que genera una alta demanda química de oxígeno, concentración de materia orgánica como proteínas, carotenoides, biopolímeros, amoníaco, mercaptanos, agentes de limpieza, entre otros (Hamimed et al., 2021).

El uso de grandes cantidades de agua proveniente de toda la producción genera elevados volúmenes de descarga de aguas residuales, las cuales son direccionadas hacia la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) de la empresa sujeta a estudio, esta comprende diferentes tratamientos para poder potabilizarla, economizando el uso del agua.

Este tratamiento de aguas residuales industriales tiene como objetivo remover los distintos contaminantes que poseen una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos,

macro y micronutrientes. El estudio se focaliza en el tratamiento primario de la PTAR, las aguas residuales del clarificador primario son alimentadas por los afluentes del proceso productivo según el tonelaje diario. Se generan subproductos denominados sedimentos o lodos residuales, estos lodos son considerados desechos contaminantes que pueden desencadenar en problemas ambientales y de salud pública (Cárdenas Torrado & Molina Pérez, 2022).

Según Torres et al., (2017) los lodos contienen niveles elevados de hidrocarburos, brindando las condiciones necesarias para que se proliferen bacterias heterótrofas como *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, entre otras. De la misma forma, pueden estar presente hongos más comunes pertenecientes a los géneros *Penicillium* y *Trichoderma*. Este último género fúngico es utilizado en sustratos complejos a base de carbono, como celulosa, quitina, pectina y almidón.

Los hongos filamentosos o miceliales son organismos microscópicos que pueden encontrarse en diversos entornos, incluidos en los lodos residuales, representan el 50% de la población de microorganismos existentes, esta comunidad depende del ambiente en el que se encuentren para poder desarrollarse (Barrios et al., 2018).

El objetivo del presente estudio es aprovechar los lodos de la industria atunera como fuente de proliferación de hongos filamentosos, los cuales brindan un potencial biotecnológico en el sector agrícola, gracias al contenido de nutrientes que este posee. Los hongos por evaluar han sido extraídos del lodo primario e identificados mediante técnica de tinción, macro y micro morfología según bibliografía.

Planteamiento del problema

Estos lodos industriales han sido causa mundial de problemas ambientales y sociales por las características fisicoquímicas y microbiológicas que poseen dependiendo del tipo de industria que los genere, contribuyendo a la contaminación de suelos que se generará al momento de su disposición final en el botadero municipal (Cárdenas Torrado & Molina Pérez, 2022).

Estos lodos residuales industriales generan olores desagradables dado a su proceso de descomposición natural en condiciones ambientales y requieren de espacio físico con buenas condiciones de contención. Además, son considerados desechos comunes lo cual implica su deposición en horarios establecidos por las empresas municipales recolectoras de desechos. Esto suele acarrear problemas desde derrames y desbordes afectando el proceso operativo normal de la PTAR hasta generar afectaciones en la salud del recurso humano y ambiental.

Justificación y delimitación de la investigación

La presente investigación se enfoca en contribuir a la gestión medio ambiental de los recursos con el objetivo de promover la investigación científica hacia los desechos del área industrial, dándole un enfoque de alternativa de uso previo a su disposición final e incluso otorgando soporte a otras ramas de la industria.

Se toma en cuenta que, se abre una brecha de investigación microbiológica para este tipo de industrias, puesto que los microorganismos están sometidos a condiciones específicas dónde se pueden proliferar y generar características resistentes, tomado en cuenta la presencia de distintos hongos que no han estado registrados como sujeto de estudio en lodos residuales industriales.

Este estudio se encuentra direccionado a una empresa atunera específica de la ciudad de Guayaquil, la cual no será mencionada, debido a un acuerdo de confidencialidad. La PTAR será objeto de estudio a través de su proceso operativo centrándose en el tratamiento primario.

Se realizará el estudio del lodo residual primario contenido en un tanque DAF. El lodo procedente de esta parte del tratamiento se lo toma como materia prima de estudio, debido a las altas concentraciones de nutrientes (P, N, NO₂, NO₃, DQO) gracias al afluente del tonelaje diario. Por lo cual se realizarán análisis fisicoquímicos de los nutrientes principales para el lodo.

Objetivos

Objetivo general

Aislar hongos filamentosos en lodos primarios procedentes del tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de atún para futuras aplicaciones biotecnológicas.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos del lodo primario proveniente del tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de atún.
- Identificar la morfología de los hongos aislados aplicando métodos de clave taxonómica.
- Interpretar la tasa de crecimiento de los hongos filamentosos aislados en tres medios de cultivo en función del tiempo.

Hipótesis

Hipótesis Nula

Los lodos primarios procedentes de aguas residuales presentan hongos filamentosos con aplicaciones biotecnológicas

Hipótesis Alternativa

Los lodos primarios procedentes de aguas residuales no presentan hongos filamentosos con aplicaciones biotecnológicas.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. El agua como recurso natural.

El agua es el recurso natural que cubre más del 70% de la superficie de la tierra, considerada fuente de vital sustento para la vida debido a sus propiedades que la hacen ideal como un solvente extraordinario e incluso esencial para que se puedan llevar a cabo varios procesos metabólicos, por lo cual es necesario saber la distribución del agua alrededor de la naturaleza (Fernández Cirelli, A., 2012).

Según Fernández (2012) menciona que la distribución del agua empieza desde los océanos con el 97,5% del agua del planeta, donde el restante, es decir, el 2,5% del agua es dulce, dentro del porcentaje del agua dulce se subdivide en 80% agua proveniente de glaciares, la nieve, el hielo de los polos y el 1% lo engloba el agua de fácil acceso a la superficie, dentro el 80% se encuentra un sub-porcentaje de 19% de agua subterránea de escaso acceso, por el otro lado dentro del grupo 1% de fácil acceso se encuentran distribuidos 52% de lagos, 38% humedales y 10% ríos y vapor atmosférico.

2.1.1. Usos del agua

La utilidad que tiene el agua ha sido relevante para todas las actividades antropogénicas que se realizan, por lo cual se considera a nivel mundial que el consumo total del agua del orden 3000 km³/año a través del 75% para el uso agrario, el 20% para el uso industrial y el 5% para el uso urbano, doméstico o de abastecimiento según el consumo de agua por litros (Consecam, 2023).

El uso industrial se enfoca en el uso de materia prima en fabricación de productos de todo tipo, también como medio de transporte de otras materias prima y en la industria química es considerado

como medio de reacción en la elaboración de formulaciones para la mezcla de ingredientes, también es utilizada como medio de sanitización para el lavado de productos, de maquinaria, de superficies, para acondicionamiento de aire, para baño de electrolíticos, lavado de gases entre otros. (Consecam, 2023)

2.1.2. Aguas residuales

Las aguas residuales son consideradas como el suministro de agua proveniente de la población de una ciudad después de haber sido utilizadas en distintas actividades antropogénicas, estas aguas contienen residuos orgánicos disueltos y suspendidos, contienen materia orgánica expuesta a descomposición por microorganismos aerobios que generan oxidación cambiando de color al agua dependiendo del tiempo de antigüedad de estos, por lo cual termina generando malos olores (Altowayti et al., 2022).

2.1.3. Clasificación

Según Altowayti et al., (2022) existen tres tipos de agua residual conformadas por aguas residuales domésticas, industriales y pluviales:

Las aguas domésticas o también denominadas aguas residuales sanitarias se identifican como aguas negras, es decir, aguas provenientes de inodoros los cuales contienen heces, orina y demás desechos biológicos. Por otro lado, las aguas grises conforman el agua de lavabos, lavadoras, duchas, etc (Consecam,2023).

Las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de la eliminación de desecho líquido de cualquier tipo de actividad industrial las cuales fueron etapas de procesos de producción. (Consecam,2023).

Las aguas residuales agropecuarias son aquellas procedentes de actividades agrícolas y ganaderas incluyendo las aguas pluviales que son destinadas para el riego de las tierras, sembríos, arrastrando purines y estiércol convirtiendo estas aguas en no reutilizables para el consumo humano. (Consecam,2023).

2.1.4. Caracterización Físicoquímica

La caracterización es un proceso analítico de distintos parámetros para el control diario de sistemas de tratamientos de las aguas residuales ayudando en la toma de decisiones dentro de un proceso operativo, de esta manera es necesario generar una data de forma estadística para conocer el comportamiento de las aguas y los valores estén dentro del rango establecido por las legislaciones de cada país, con el objetivo de reducir la contaminación ambiental al momento de la disposición final de las aguas residuales (Ramírez et al., 1999).

2.2. Parámetros físicoquímicos (Agua y sedimento).

Los parámetros físicoquímicos son considerados indicadores de calidad del recurso, dando resultados verídicos de las especies químicas inmersas en el agua y de las propiedades que estas posean. Pueden ser evaluados de manera grupal o individual destacando la ventaja en la rapidez de análisis con equipos modernos para un monitoreo frecuente (Samboni Ruiz et al., 2007).

2.2.1. pH

El potencial de hidrógeno más conocido como pH es un parámetro destinado al análisis del grado de acidez o alcalinidad que pueda tener una muestra de agua. Las aguas residuales contienen sales disueltas que se encuentran en forma de iones, así como también poseen una cantidad de bicarbonatos de sodio y magnesio, cloruros de sodio hidrolizables y su escala va a depender del origen del agua (Camacho-Ballesteros et al., 2020).

2.2.2. Temperatura

La temperatura es una característica física del agua residual en su mayoría es más alta que los suministros del agua potable, puesto que están expuestas a condiciones ambientales naturales que se tornan variables dependiendo de la ubicación geográfica y del clima del lugar dónde se mida (Altowayti et al., 2022).

2.2.3. Salinidad

La salinidad es otro parámetro físico que se define como las cantidades de sales disueltas contenidas en un cuerpo de agua y esto se debe a las altas concentración de sodio que poseen las aguas residuales en su mayoría industriales, de esta manera se evalúa las aguas superficiales permitiendo estimar la aceptabilidad para un uso específico (Camacho-Ballesteros et al., 2020).

2.2.4. Conductividad eléctrica

Considerada una propiedad física que posee cualquier elemento con la facultad de conducir electricidad o permitir el movimiento de las cargas eléctricas a través de este, e incluso contribuye como indicador en la calidad del agua y está relacionado con la salinidad (Bueno-Zabala et al., 2014).

2.2.5. Fósforo

El fósforo es considerado uno de los nutrientes presentes en el agua residual producto del uso de detergentes y si se habla de industria atunera se debe a las propiedades del pescado. Es posible determinar la productividad biológica de microorganismos y se lo puede identificarse combinado con materia orgánica en forma de proteínas y aminoácidos, así como de forma inorgánica representado como ortofosfato y polifosfato (Teixeira Correia et al., 2013).

2.2.6. Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial para todas las formas de la vida, es un parámetro variable en sus concentraciones, usado como indicador en diferentes estudios ambientales debido a la importancia dentro de los procesos de tratamiento del agua residual. Se puede encontrar a las subespecies del nitrógeno denominados como nitritos y nitratos (Espinosa-Lloréns et al., 2013).

2.2.7. Nitrito

El nitrito es un organismo nitrogenado que está presente como ion nitrito, aunque también se la conoce como la forma oxidada del nitrógeno total. Las concentraciones de nitrito son proporcionales a los niveles de pH en el agua, aunque también los nitritos forman parte de la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal y otros compuestos orgánicos nitrogenados contribuyendo como un indicador de contaminación (Cárdenas Calvachi & Sánchez Ortiz, 2013).

2.2.8. Nitrato

El ion nitrato es un organismo nitrogenado que se encuentra de forma natural en aguas superficiales y subterráneas en distintas concentraciones, forma parte de la contaminación producto de los efluentes industriales (Ramírez-González et al., 2018).

2.2.9. DQO

La demanda química de oxígeno es un parámetro usado en laboratorios ambientales para determinar el nivel de contaminación por materia orgánica de las aguas. Los residuos de estos análisis son considerados altamente peligrosos debidos a sus componentes de iones de Cr, Ar y Hg (Mañunga et al., 2010).

2.3. Planta de tratamiento de agua residual (PTAR)

La planta de tratamiento de aguas residuales o por sus siglas PTAR es considerada como una tecnología moderna con varios procesos operativos y selectivos que se combinan para cumplir con los propósitos diseñados para atender un área bajo consideraciones específicas reduciendo el impacto de contaminación en la descarga de efluentes (Altowayti et al., 2022).

Todo el proceso de la PTAR consta de cinco etapas principales como:

2.3.1. Pretratamiento

Es un paso previo de depuración de materiales de gran tamaño, partículas flotantes o suspendidas que son eliminados mediante desbaste, y desarenado dónde se mezclan en un tanque homogenizador que debe estar en constante movimiento para evitar la acumulación de sólidos para luego pasar el agua mediante tuberías hacia el primer tratamiento (Belzona, 2010).

2.3.2. Coagulación

Este proceso tiene como objetivo químico desestabilizar las cargas de las partículas de la materia orgánica suspendida en agua, es decir, el coagulante que se le adicione ya sea estos coagulantes minerales orgánicos, sal de hierro, aluminio, polímeros orgánicos, entre otros, el uso dependerá del tipo de efluente industrial que se requiera tratar buscando la carga contraria al de los sólidos no decantables que se encuentran dispersos en el agua, para neutralizar las cargas de las partículas pequeñas y puedan unirse formando microflóculos dentro del tanque DAF (Coagulación, floculación y separación, 2021).

2.3.3. Floculación

El proceso de floculación tiene como objetivo aumentar el tamaño de las partículas de microflóculos mediante continuas colisiones con otros microflóculos hasta formar macroflóculos,

se le agrega polímeros de peso molecular alto denominados floculantes, con el fin de aumentar la sedimentación consolidando mejor los macroflóculos en peso y tamaño, utilizando reactivos floculantes más comunes como sílice activada, talco, carbón activado, floculantes aniónicos y catiónicos, entre otros (Coagulación, floculación y separación, 2021).

2.3.4. Tratamiento primario

Este tratamiento también denominado etapa de clarificación es un proceso físico que consiste en la separación mecánica de las partículas en suspensión no retenidas del pretratamiento retirando la turbidez mediante método de filtración, sedimentación y flotación usando distintas tecnologías de entre las más comunes un sistema DAF (HOP Group, 2018).

DAF

La flotación por aire disuelto o más conocido por sus siglas en inglés “DAF”, es un sistema que acarrea una serie de procedimientos aplicados a la industria del tratamiento de efluentes residuales y funciona como un clarificador primario eliminando hasta un 90% la materia orgánica, sólidos, grasas y aceites presente en las aguas residuales, se puede ubicar en el pretratamiento o en el tratamiento primario para desempeñar mejor sus funciones de reducción de contaminantes (Sistema DAF: qué es y cómo funciona, 2021).

El DAF permite que se separen las partículas sólidas de las líquidas, para ello se debe asegurar que el afluente que entra al DAF esté mezclado el aire presurizado, de esta manera se generan burbujas con el objetivo de que se precipiten los sólidos que no tienen la fuerza para flotar en la superficie del tanque (Sistema DAF: qué es y cómo funciona, 2021).

2.3.5. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es un proceso que tiene como objetivo evacuar el 90% de contaminantes del proceso anterior, se utilizan procesos biológicos con reactores aeróbicos llenos con una mezcla de agua clarificada primaria, bacterias y otros microorganismos con el fin de que se alimenten de la materia orgánica degradando la demanda química de oxígeno, la demanda química biológica y los sólidos suspendidos volátiles dando como resultado dióxido de carbono y nueva biomasa (“Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales”, 2016).

2.3.6. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario comprende procesos fisicoquímicos para depurar o limpiar las aguas de los contaminantes de mayor incidencia como lo son el fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, compuestos orgánicos, entre otros, utilizando ósmosis inversa, procesos de desinfección con UV e hipoclorito de cloro para obtener como producto final agua buena calidad (Ricardo, 2010).

2.4. Lodos residuales

Los lodos residuales son aquellos sedimentos resultantes de todos los procesos de la planta de tratamiento de agua residual. Se realizan tratamientos a estos lodos mediante químicos entre ellos coagulantes y floculantes para poder espesarlo, deshidratarlo y estabilizarlo. Cuando el lodo esta estabilizado no presenta olor y se encuentra libre de microorganismos causantes de enfermedades (Condorchem Enviro Solutions, 2017).

Existen diferentes tipos de lodos que se pueden encontrar dentro de una PTAR como:

2.4.1. Lodo primario

El lodo o sedimentación primaria se genera a partir del tratamiento primario en el cual el proceso de evacuación de la materia sólida remanente se encuentra en la superficie del tanque DAF, la composición de este sedimento depende del tipo de agua y de sus características en cuanto a materia orgánica, este lodo posee una consistencia de tipo fluido denso puesto que posee un elevado índice de humedad con un porcentaje que varía entre 93 a 97% (Lenntech, 2023).

Este sistema hace que las partículas pequeñas inmersas en el agua residual se asienten en el fondo con la ayuda de coagulantes y se junten mediante el uso de floculantes para formar medios más grandes denominados flóculos, que por ayuda de aire se suspenden en la superficie del tanque para ser barridos hacia una tolva y luego bombeados a un contenedor de asimilación de lodos dejando al resto del agua o efluente primario pasar a ser parte del tratamiento secundario (Belzona, 2010).

2.4.2. Lodo secundario

En la sedimentación secundaria predomina el uso de los microorganismos y los residuos sólidos formando una mezcla denominada lodo activado o biomasa activa de bacterias que al proporcionarle aire y nutrientes alimentan a las bacterias aerobias para que puedan destruir la materia degradable, esta sedimentación secundaria es separada del efluente mediante reactores de membrana biológicos dando como resultado agua clarificada para dar paso al tercer tratamiento de agua residual (Belzona, 2010).

2.4.3. Lodo terciario

En esta etapa del proceso intervienen los tanques de asimilación destinados al almacenaje de lodos permitiendo que el lodo crudo se descomponga, para luego deshidratarlo mediante un tornillo prensa obteniendo lodo seco, todo esto con la finalidad de eliminar la humedad generando

disminución en peso y volumen para que estén a completa disposición de ser evacuados de una manera más fácil (ISA, 2023).

2.5. Microorganismos existentes en lodos residuales

La microbiología de los lodos residuales se refiere al estudio de los microorganismos presentes en los lodos generados durante el tratamiento de aguas residuales. Estos lodos contienen una gran cantidad de bacterias, hongos y levaduras, que desempeñan un papel crucial en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, puesto que realizan procesos de degradación biológica, como la descomposición aeróbica y anaeróbica, ayudando a reducir la carga orgánica y los olores desagradables en los lodos residuales (Arcos A., 2014).

2.5.1. Bacterias residuales

En el tratamiento de aguas residuales las bacterias son la base de degradación de la materia con altos compuestos orgánicos a lo largo de los tratamientos de las cuales se pueden distinguir dos tipos de bacterias recurrentes en este tipo de ambiente como las depuradoras y filamentosas, durante todos estos procesos biológicos las bacterias se desarrollan por el alimento de los contaminantes presentes y el oxígeno, con ellos crecen y se proliferan hasta formar grandes flóculos (Bluegold, 2020).

2.5.2. Levaduras residuales

Las levaduras son uno de los microorganismos existentes dentro de los lodos residuales, estas tienen potencial biorremediador, debido a su capacidad de tolerancia a condiciones extremas y variables, altos contenidos de xenobióticos, concentraciones elevadas de sales y acidez, adicional se contribuyen estas propiedades a la remediación de cuerpos de agua, por lo que son una alternativa de uso de microorganismos económicos, eficiente y eco amigable (Bolívar-Correa et al., 2022).

2.5.3. Hongos residuales

Dentro de todo el microbiota de los lodos residuales se ha logrado encontrar que los hongos filamentosos poseen una amplia variedad de proliferación en ambientes con altas cargas orgánicas y contaminantes, pues bien son extracelulares y solubles, pueden incluir especies como *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Chrysosporium* y *Cladosporium*, aunque, es importante tener en cuenta que la composición exacta de los hongos presentes en los lodos residuales puede variar dependiendo del tipo de lodo y las condiciones específicas del sistema de tratamiento de aguas residuales (Escobar, 2018).

2.6. Tipos de hongos presentes en PTAR

2.6.1. *Penicillium* sp.

Penicillium es un género de hongos ascomycetos causantes del proceso de descomposición de materia orgánica causando pudriciones de una amplia gama de toxinas (Visagie et al., 2014). Según la morfología macroscópica de este hongo, posee una colonia esponjosa de color verde oscuro con una corona radial externa de color blanco con aspecto rugoso y presenta micelio. El uso inducido de este hongo puede producir penicilina, ácido micofenólico, compactina, transformaciones de esteroides fúngicos, quesos fermentados, entre otros (Houbraken et al., 2014).

2.6.2. *Aspergillus* sp.

Son hongos filamentosos que se encuentran en sustratos del suelo, en material vegetal en estado de descomposición, semillas, granos, etc., dónde se realizan funciones saprofitas (Mousavi et al., 2016). Poseen características macroscópicas, dónde se determinan colonias en capas con un centro de color negruzco, elipses blancas y negras presentadas de formas alternadas, presenta micelios y mantiene una apariencia polvosa (Houbraken et al., 2014).

2.6.3. *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. es un hongo que se encuentra presente en casi todos los tipos de suelo, aunque prevalece su crecimiento en las raíces de las plantas dónde empiezan a colonizar. Este hongo posee diferentes aplicaciones biotecnológicas para su uso en control biológico, biofertilizante, como fuente de enzimas industriales y como productores de proteínas (Su et al., 2014).

Se pueden observar las características macroscópicas mediante una colonia algodonosa de color blanco, se torna de color verde amarillento, posee un micelio blanco irregular, presenta un aspecto rugoso, se pueden diferenciar las esporas y exudados de color ámbar (Houbraken et al., 2014).

2.6.4. *Chrysosporium* sp.

Es un género fúngico perteneciente al filo Ascomycota poseen característica queratinofílica puesto que se alimentan de restos ricos en queratina, suelen vivir como saprotrofos, debido a su alimentación y son fundamentales para establecer enlaces en el reciclaje de nutrientes, es decir, carbono, nitrógeno y azufre (Chrysosporium, 2022).

Se presentan datos macroscópicos de colonias de rápido crecimiento color blanca en su inicio y con una continuidad tornándose a color crema oscuro en presencia de luz, posee una textura granular y micelio de color blanco (Houbraken et al., 2014).

2.6.5. *Cladosporium* sp.

Es un género de hongos comunes más conocidos como mohos, pueden encontrarse en puertas y ventanas. Estos hongos se desarrollan en la humedad tanto en las partes externas como internas de un lugar, esto se da, debido a la relación que tienen estos hongos con la descomposición del agua (Baxi et al., 2016).

De forma macroscópica es posible observar colonias aterciopeladas, vellosas y con pliegues radiales que presentan un color crema que tienden a oscurecer pasando a tonos de color verde oliva o gris verdoso (Houbraken et al., 2014).

2.6.6. *Fusarium* sp.

Fusarium es un género de hongos filamentosos que se encuentran en suelo y plantas, en especial en zonas maiceras o patógenos de plantas comunes. Son capaces de crecer en ambientes cálidos y húmedos a una temperatura aproximada de 37°C. *Fusarium* posee más de 100 especies de las cuales 12 han sido consideradas patógenas, dado que producen infecciones sistémicas al ser humano, debido a emisiones de toxinas que incluso afectan a animales (Cecilia & José, 2014).

A nivel morfológico se presentan características propias del género en las que se puede observar microscópicamente la fiálide con una forma de botella algunas veces de forma simple otras ramificadas con variable longitud. Las características de *Fusarium* sp. van a desarrollarse con especificidad dependiendo del medio de cultivo que se seleccione para su siembra (Villalobos Arámbula, Victor Manuel et al., 2015).

2.6.7. *Geotrichum* sp.

El género *Geotrichum* sp. se clasifica como un Ascomiceto, en medio de cultivo agar dextrosa la colonia que se forma es plana, viscosa y posee un color blanco, sus esporas son artroconidias, no tienen conidioforos. Según sus rasgos físicos forman un micelio septado a través de su germinación, poseen hifas septadas. Este hongo se lo puede encontrar en el suelo, en agua, plantas, es muy común en la flora humana (Hakim, 2018).

La especie más conocida del género *Geotrichum* sp. es *Geotrichum candidum* este hongo se lo asocia a una levadura puesto que posee un organismo de descomposición, crece a temperatura

óptima de 25°C, se desenvuelve en amplios rangos de pH, tiene un olor dulce y su colonia produce hifas septadas. Este microorganismo fúngico es de gran importancia dentro de la industria láctea (Torrecilla, 2010).

2.6.8. *Trichophyton* sp.

Este género conforma hongos filamentosos que pertenecen al filo Ascomycota, son considerados como dermatofitos causantes de las infecciones de la piel, cabellos y uñas, tanto en animales como en humanos, debido al ambiente de estos microorganismos crecen en condiciones húmedas y cálidas, sobreviven en el suelo y en agua con alto grado salino (INSST, 2021).

Poseen una morfología variable puesto que dependen de ciertas condiciones físicas como la temperatura y medio en el que va a crecer el hongo para que se pueda realizar la identificación macroscópica en la cual se observa colonias blancas o de color rojo violeta con características algodonosas, aterciopeladas y pulverulentas (INSST, 2021).

En la identificación microscópica el hongo produce macronidios, micronidios y en el mejor de los casos producen los dos, para *Trichophyton* la formación de conidio produce hifas largas en forma de espiral (Mokobi, 2021).

2.6.9. *Aurebasidium* sp.

Es un hongo dematiáceo muy similar a una levadura, este género tiene la capacidad de presentarse en distintos tipos observación morfológica, poseen también la capacidad de sintetizar enzimas para su uso en sustratos, incluido en los diversos desechos. Es posible encontrarlo en diferentes tipos de suelos como los forestales, cerca de plantas, madera, en diferentes tipos de agua entre ellas agua dulce, sedimentos estuarios marinos, entre otros (Eurofins, 2023).

Para la morfología de este género fúngico se toman en cuenta la producción sincrónica de conidios a partir de las hifas jóvenes en expansión, es posible identificar este género dentro de un grupo variado mediante las características de diagnóstico que permiten la diferenciación de *Aureobasidium* del anamorfo *Hormonema* que comparten similares características y pueden llegar a ser sujeto de confusión dentro de un análisis morfológico. (van Nieuwenhuijzen, 2014)

2.7. Estructura de los hongos

Las células fúngicas son eucariotas y sus estructuras son variables tanto en su forma como en su tamaño, los hongos son de un tamaño aproximado de 1 μ a 30 μ , su crecimiento se da desde el centro del sustrato, dando lugar a la proliferación de hifas entrelazadas las cuales secretan enzimas digestivas encargadas de la degradación del sustrato con la finalidad de que el hongo absorba los nutrientes (Hussin et al., 2014).

- Estructura somática:

Las estructuras somáticas de los hongos hacen referencia al estudio de las conformaciones estructurales del cuerpo de estos organismos fúngicos, por lo cual presenten estructuras de hifas con septos, hifas sin septos, prosénquima, apresorios, haustorios, pseudoparénquima, rizoides, levaduras y pseudomicelio (Estructura de Hongos, 2012).

Las estructuras inician con el micelio, el mismo formado por un conjunto de filamentos que proceden a denominarse hifas luego de su unión, estas hifas crecen desde el ápice formando ramificaciones laterales que tienen la capacidad de presentar o no septos, todas esas características se asemejan a la formación de un tejido (Estructura de Hongos, 2012).

- Estructura reproductiva:

Las estructuras reproductivas fúngicas se dan a través del proceso sexual y asexual con la presencia de esporas que proporcionan un indicativo en la forma de reproducción de los hongos, las esporas sexuales realizan meiosis y presentan estructuras telomórficas como las Ascosporas, Basidiosporas y Zigosporas (Raghunath Reddy, 2013).

Las estructuras anamorfas con mitosporas indican una reproducción asexual por medio de mitosis y se clasifican en esporas vegetativas como Blastosporas, Artrosporas y Clamidosportas, por otro lado, se tienen a las esporas aéreas conformadas por conidiosporas, microconidios, macroconidios y esporangiosporas (Raghunath Reddy, 2013).

- Estructura anamórfica:

En las estructuras anamorfas se tiene la presencia de esporas artrosporas o artroconidios que son formadas a través de una hifa tabicada, se tiene la presencia también de los conidios o conidiosporas que de la misma forma son esporas asexuales externas usando el término sésiles para referirse a su implantación sobre la hifa (Estructura de Hongos, 2012).

2.8. Morfología de los hongos

La morfología de hongos es un método utilizado para describir las características de las colonias presentes en un medio de cultivo específico, dentro de las características se encuentran colonias de forma circular, irregular, filamentosa y rizoide, seguido a esto la elevación es otra característica importante que describe la vista lateral de una colonia como elevada, plana, convexa, crateriforme y acuminada (Hussin et al., 2014).

Los bordes de las colonias fúngicas suelen ser enteros, ondulados, lobulados y filamentosos, para la superficie presenta apariencia lisa o rugosa, mate o brillante, seca o cremosa e invasiva o superficial y por último la coloración o pigmentación que va a depender mucho del cultivo y del

hongo a desarrollarse presentando colores que van desde el centro hacia afuera como el blanco, beige, rojo y morado (Hussin et al., 2014).

2.9. Aplicación biotecnológica de hongos

Los hongos poseen características específicas con potencial biotecnológico gracias a la capacidad metabólica que estos microorganismos fúngicos poseen para producir antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados, enzimas industriales, antibióticos, productos fermentados, pigmentos, bioproductos antifúngicos, biofertilizantes, acondicionadores biológicos, agentes hipolipidémico e inmunosupresores, entre otros (Suárez-Contreras & Peñaranda-Figueroa, 2022).

Los hongos por consiguiente poseen una capacidad biorremediadora, degradando hidrocarburos de petróleo comprendidos por alcanos, compuestos aromáticos, nitrógeno, azufre y oxígeno, contrarrestan metales tóxicos, degradan plaguicidas cancerígenos y todas estas propiedades que poseen los hongos en la biorremediación se deben gracias a su maquinaria enzimática intra y extracelular con la capacidad de extraer ácidos y metabolizar compuestos contaminantes orgánicos e inorgánicos (Vaksmas et al., 2023).

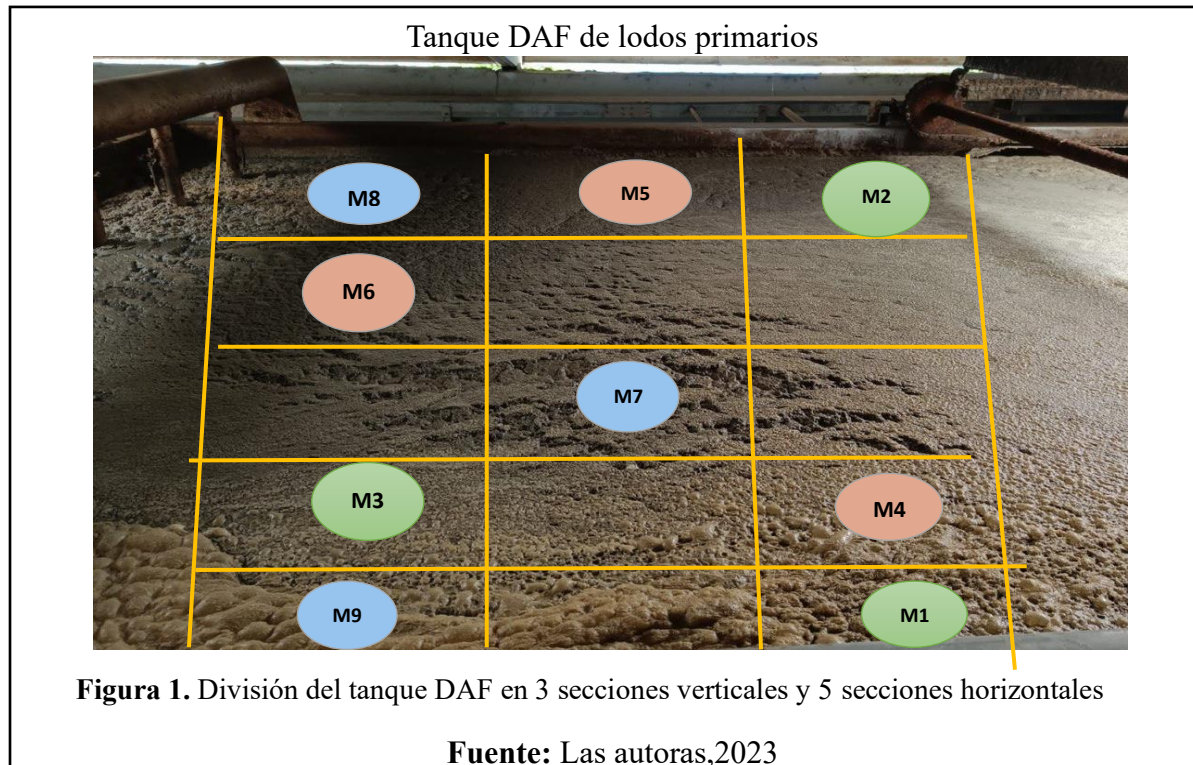
Capítulo 3

Materiales y métodos

3.1. Recolección de la muestra

Las muestras de lodo primario se recolectaron por la técnica de muestreo aleatorio simple a manera de zigzag según el protocolo descrito por Quiviera (2009), el tanque DAF de lodos primarios fue dividido en secciones observadas en la figura 1, garantizando la aleatoriedad en la recolección. Para la obtención de la muestra se delimitaron 3 secciones verticales y 5 secciones horizontales correspondientes a una distancia entre cada sección de 4 m³, esta medida se tomó en consideración de acuerdo al área del tanque 10x3x3 m³. Al estar los lodos suspendidos en la superficie, la profundidad de muestreo fue de 5 a 10 cm.

Se recolectaron 3 muestras al azar de cada parcela cada una con un contenido total de 200g por envase, la toma de muestra se realizó cada semana, a partir del 06 de Julio, luego el 13 de Julio, y cómo ultima recolecta el 19 de Julio.



3.2. Transporte de muestra

Siguiendo el protocolo descrito en el apartado 3.1 para el almacenamiento de las muestras se emplearon recipientes de plástico estériles, el transporte se lo realizó en una hielera acondicionada con una temperatura entre 6-10°C. Una vez recolectados los ejemplares, fueron llevados al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana el mismo día para su procesamiento.

3.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos

Para realizar los análisis fisicoquímicos en el laboratorio se siguió el protocolo establecido por la empresa para control interno, basado en el Standard Methods (APHA et al., 1992).

Para las mediciones de pH, temperatura, TDS, salinidad y conductividad, las cuales fueron medidas in situ mediante un potenciómetro multiparámetro HACH Pocket Pro⁺ Multi2, con previa verificación.

Para la medición de los parámetros de Nitrógeno, Fósforo, DQO, Nitritos y Nitratos se usó un digestor HACH modelo DRB200 para procesar las muestras y un espectrofotómetro HACH modelo DR1900, para la lectura final de los resultados arrojados. En caso de tener muestras diluidas el resultado se debe multiplicar por el factor de dilución, arrojando los valores expresados en unidades de mg/L.

Se realizaron diluciones simples en cada muestra con el objetivo de evaluar los diferentes parámetros en el laboratorio. Para las muestras de lodo primario del tanque DAF se realizó una dilución 2/10, es decir, 2 ml de lodo en 8 ml de agua grado reactivo. Se homogenizó durante una hora aproximada, hasta formar una solución uniforme. Se realizó este paso previo a la ejecución de cada uno de los análisis.

Fósforo Total

En la medición de fósforo total se empleó el kit de reactivos HACH para “Fosfato total de alto alcance Test’N Tube™”. Al vial PO_2^{3-} - P (0-100 mg/L) del kit se le añadió 5ml de la solución diluida con el reactivo de persulfato de potasio, se homogenizó de manera invertida durante 3 minutos para llevarlo al digestor DRB200 por 90 minutos a 150°C. Transcurrido el tiempo de digestión, se retiró el vial de las cedas del digestor para que lleguen a temperatura ambiente.

Una vez el vial se encuentre a temperatura ambiente se tomó una micropipeta digital marca Sartorius de 500 a 5000 μL , se agregó 2 ml de hidróxido sódico al vial, se agitó por 2 minutos, seguido a eso con un gotero se le agregó al mismo vial 0,5 ml del reactivo “*molybdovanadato*”, se volvió a agitar hasta homogenizar la solución y se lo dejó reposar por 7 minutos. Finalmente, para la lectura de la solución se empleó el programa P total RA TNT con una longitud de onda de 420 nm determinado en el espectrofotómetro, dando como resultado mediciones en mg/L.

DQO

Para los análisis de la Demanda Química de Oxígeno se utilizó el kit de viales HACH “Solución de digestión para COD 20-1500 mg/L Gama”. Con la muestra diluida que se explicó con anterioridad, se utilizó una micropipeta digital marca Sartorius con una punta nueva, para tomar 2 ml de la solución e insertarla en el vial del kit de alto rango de manera cuidadosa. Al entrar en contacto la muestra con el reactivo, el vial cambió de temperatura generando una reacción exotérmica producida por la mezcla de las sustancias, e agita previo a su digestión.

El vial de COD alto rango se colocó en el digestor DRB200 durante 2 horas a 150°C, según el programa establecido en el equipo. Transcurrido el tiempo, se quitó el vial del digestor para que reposara la muestra dejando que llegue a temperatura ambiente. Por consiguiente, se utiliza el espectrómetro HACH modelo DR1900 para medir la cantidad de compuestos orgánicos presentes

en el lodo primario. A continuación, se seleccionó el programa DQO RA con una longitud de onda de 620 nm, se enceró con un vial de DQO y agua desionizada para luego se ingresar el vial digerido con la muestra y obtener los valores de DQO en mg/L.

Nitrógeno total

Las mediciones de nitrógeno total constan de dos etapas, se utilizó la dilución 2/10 mencionada en los procesos anteriores. En la primera etapa se empleó 500 µL de muestra diluida, esta se colocó en el primer vial del kit “Reactivos de Hidróxido de nitrógeno Total Test’N Tube™”.

Se le añadió el sobre de reactivo de persulfato de potasio con contenido de 10 ml al mismo vial del kit y se agitó durante 30 segundos para mezclar el contenido del vial de nitrógeno. Se procedió a digerir el vial en el digester por 30 minutos a 105°C. Una vez salida la muestra del equipo de digestión, se dejó llegar a temperatura ambiente.

Para la segunda etapa se utilizó el kit de HACH “Prueba total de nitrógeno Test ‘N Tube™”, el cual se conforma por “TN (nitrógeno Total) reactivo A, TN (Nitrógeno Total) Reactivo B y el vial Total N de (0–150 mg/L) de rango bajo y alto como Reactivo C.

Al vial sacado del digester se le agregó el “*reactivo A*” y se agitó constante por 3 minutos para homogenizar la muestra con el reactivo del vial. Transcurrido el tiempo, al mismo vial se le agregó el “*reactivo B*”. Se mantuvo una agitación constante por 2 minutos hasta que se homogenice y se forma una solución.

A continuación, a partir del primer vial se tomó 2ml de la mezcla con un gotero y se traspasó al “*reactivo C*”, se agitó cuidadosamente utilizando los equipos de protección personal adecuados como, mascarilla para gases, guantes, mandil etc., ya que se generó una reacción exotérmica. La solución se deja reposar por 5 minutos hasta que se logró observar cambios en su coloración,

tornándose a un color ámbar lo que indicó la presencia del nitrógeno. Se ingreso el “reactivo C” al espectrofotómetro HACH modelo DR1900 para obtener los resultados en mg/L, utilizando el programa N total RA TNT con una longitud de onda de 410 nm.

NO₂ - NO₃

Para la medición de nitritos y nitratos se tomó 10 ml de la muestra, se transfirió a un tubo de ensayo limpio para el análisis de nitrito y 10 ml para el análisis de nitratos, tomando de manera independiente cada muestra. Se agregó 10 ml del reactivo *Nitraver3* para la medición de nitritos; mientras que para el estudio de nitratos se adicionó 10 ml de muestra con el reactivo *Nitraver5*, ambos se procedieron a agitar de manera continua. La solución con nitrito se dejó reposar durante 10 minutos hasta el cambio en su coloración lo que indicó la presencia del compuesto.

La solución para nitratos se dejó reposar por 5 minutos hasta que su coloración se tornó ámbar. Una vez ocurrido el cambio de color se llevó el vial al espectrómetro HACH modelo DR1900 para leer los valores mediante los programas N nitrito RB PP con longitud de onda de 507 nm para nitritos y el programa N Nitrato RM PP con longitud de onda 400 nm para leer valores de nitratos.

3.4. Aislamiento de hongos filamentosos

3.4.1. Técnica de diluciones seriadas

La digestión del sustrato se realizó en 900 ml de agua destilada y 100g de la muestra de lodo primario, se procedió a homogeneizar durante 30 minutos en una plancha de agitación a 600 rpm. Mientras tanto, como primer paso para el procesamiento de las muestras de los lodos, se esterilizó una cabina de flujo laminar tipo II con luz UV durante 40 minutos. Las placas madre se prepararon con 22,75 g de medio sólido Agar Sabouraud Dextrose (SDA) más cloranfenicol en 350 ml de agua destilada, la disolución fue homogeneizada en plancha de agitación a 500 rpm con calor agregado 70°C durante 5 minutos o en su defecto hasta observar que no haya residuos, por

consiguiente, se ajustó a un pH ácido similar al de los lodos 5.38, luego de homogeneizado, se esterilizó en una autoclave por 50 minutos a 121°C.

Una vez finalizado el proceso de esterilización el medio de cultivo se retiró de la autoclave y luego se lo ingresó a una cabina de flujo laminar esterilizada, una vez alcanzado una temperatura ambiente se distribuyó 15 ml en cajas petri de plástico 90x15 mm estériles.

Por otra parte, las diluciones seriadas se realizaron en base 10 en agua peptonada estéril 0,1%, a partir de 10^{-1} hasta 10^{-3} . En un Tubo Falcom de 15ml, se agregó 9ml de agua peptonada estéril en cada uno, para la dilución 10^{-1} se añadió 1 ml de la dilución homogeneizada de lodo, mientras que para las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} se añadió 1 ml de la dilución anterior, por cada transferencia, se mezcló el contenido de las muestras por vórtex. Es así como las siguientes muestras de lodo fueron procesadas con el mismo procedimiento dentro de la cabina de flujo laminar.

En cuanto al procedimiento de siembra, para la dilución 10^{-1} se tomaron 300 μ L y se repartieron uniformemente en medio sólido SDA con un asa Driglaski de vidrio, así mismo para las siguientes diluciones 10^{-2} y 10^{-3} este proceso fue llevado a cabo por triplicado. Una vez finalizada la siembra de las diluciones seriadas, se procedió a incubar las muestras alrededor de 4 a 6 días a 24°C con un monitoreo cada dos días para observar el crecimiento de colonias fúngicas.

3.5.Purificación de hongos seleccionados

Una vez transcurrido el tiempo de cultivo y se observó crecimiento de consorcio de levaduras y hongos filamentosos crecidos las placas madre en medio SDA, se seleccionó las colonia fúngica aislada que presenten características morfológicas macroscópicas distintivas en la superficie de las colonias como; pigmentación, estructuras de esporulación, formación y apariencia de micelios, tipo de textura: levadura, polvoriento, granulado, aterciopelado, algodonoso, así mismo se deberá

evitar que los hongos muestren manchas, decoloración o deformidades y tamaño de la colonia (Raja et al., 2017). La técnica de resiembra se realizó con 15,6g de medio de cultivo Agar Papa Dextrosa PDA en 400 ml de agua destilada sin antibiótico, para el procedimiento de preparación de medio de cultivo se llevó a cabo con el mismo protocolo del medio SDA detallado en el apartado 3.4. Con una jeringuilla estéril se tomó una pequeña cantidad de micelio aéreo y se pinchó el agar en tres puntos señalados en la caja Petri, por duplicado de cada colonia aislada (Fakhru'l-Razi et al., 2002).

El proceso de purificación fue dependiente del día en el que fue realizada la siembra de las diluciones seriadas, el periodo de incubación fue entre 3-4 días hasta la etapa de expansión micelial de cada hongo a una temperatura de 24°C.

3.6. Género e identificación de especies

Macromorfología de colonias aisladas

Luego del transcurso de 3 días de incubar las colonias aisladas, los detalles de los hongos se observaron en un estereomicroscopio, esto para apreciar la formación de estructuras de esporulación, presencia de conidios, conidióforos, micelios, hifas y se consideraron las siguientes características: color, forma, textura, elevación y generación de estructuras.

3.7. Caracterización microscópica del aislamiento

Técnica de cinta adhesiva

Se cortó alrededor de 4-5 cm de cinta adhesiva transparente y con una pinza se presionó el lado adhesivo de manera ligera sobre la superficie de una colonia fúngica, a la par se tomó un portaobjetos y se adicionó 1 ml de azul de lactofenol para luego adherir la cinta con micelios.

Se cubrió con una lámina portaobjetos y se procedió a observar las estructuras como hifas septadas, hifas sin septos, clamidosporas, esporangiosporas, esporangios, macroconidios, microconidios, conidióforos, artroconidios, blastosporas, artrosporas en el microscopio Boeco Germany BM-800, con un primer lente de 40X, luego 100 X con el respectivo aceite de inmersión.

Técnica de microcultivo

Para observar estructuras fúngicas específicas, tomando como referencia los puntos cardinales, en una caja Petri vacía se colocó 1 ml de SDA en forma de gota, en los límites de la caja, al Oeste y Este. Una vez sólido el medio de cultivo se frotó a manera sutil con un asa estéril el hongo seleccionado y se procedió a su inoculación en el bloque de SDA, sobre el bloque del medio de cultivo inoculado se colocó un cubreobjetos y luego se procedió a incubar por 3 días a 24°C.

Para finalizar el procedimiento de microcultivo, con un gotero se depositó 0,5 ml de lactofenol (1%) en un portaobjetos limpio, luego del periodo de incubación se retiró el cubreobjetos con una pinza metálica estéril impregnado con restos de micelio y se lo dejó sobre el colorante para tinción. Las estructuras se identificaron utilizando un microscopio y se clasificaron de acuerdo con su género mediante características macroscópicas y claves taxonómicas (H.L Barnett & Barry B. Hunter, 1974).⁶

3.8. Ensayos de evaluación de adaptabilidad

3.8.1. Determinación de la composición adecuada del medio de cultivo para el crecimiento de las cepas aisladas

Para evaluar la variable de respuesta a diversas condiciones de cultivo se empleó un ensayo de adaptación de los hongos filamentosos en tres medios de cultivo, esto incluye medir su velocidad de crecimiento en función de los nutrientes disponibles en el medio y su capacidad de producción de metabolitos secundarios, producción de enzimas, pigmentos, etc (Asaff, 2007).

Los medios de cultivo sólidos empleados para determinar la capacidad de adaptabilidad fueron seleccionados en conjunto al análisis de los parámetros fisicoquímicos del lodo primario. El primer medio para el crecimiento de hongos fue Medio Basal Mineral por la naturaleza inorgánica de sus ingredientes, estos fueron determinados para un volumen final de 250 ml, con una modificación dentro de sus componentes detallado en la tabla 1 (Honarjooy Barkusaraey et al., 2020).

Tabla 1 Composición de Medio Basal Mineral Sólido

Composición	Concentración g ml
Na ₂ HPO ₄	0.875
KH ₂ PO ₄	0.375
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.125
NaCl	0.125
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.0375
Bacto Agar	3.75

Fuente: Las autoras, 2023

Mientras que para el siguiente medio de cultivo se empleó como base el medio SDA adicionado cloruro de sodio para un volumen final de 200 ml para el desarrollo del medio salino se tomó en consideración el parámetro fisicoquímico de salinidad del lodo primario, de 1730 ppm que en porcentaje representa el 0,173% de salinidad dentro del tanque DAF detallado en la tabla 2.

Como tercer medio de cultivo se evaluó el desarrollo de los hongos en medio Agar Sabouraud Dextrose (SDA)

Se usó una punta de asa estéril para tomar una pequeña cantidad de hongo a partir de la resiembra, estos fueron inoculados dentro del medio sólido en los extremos laterales de la caja petri, el procedimiento se realizó por triplicado para cada hongo aislado.

Tabla 2 Composición de medio SDA enriquecido con Cloruro de Sodio

Componentes	Concentración g ml
Medio Agar Sabouraud Dextrose (SDA)	13
NaCl	0,34

Fuente: Las autoras, 2023

3.8.2. Tasa de crecimiento (Tc) radial de hongos filamentosos

Para evaluar el patrón y la velocidad de crecimiento radial de las colonias fúngicas aisladas, se midió la expansión unidireccional del hongo desde el punto central donde fue inoculado en el medio sólido. La tasa de crecimiento radial se calculó por día (mm/día) explicada con la fórmula descrita por (Rojas Barreto & Anaguano, 2014). Después de un día de sembrado fue medido el diámetro por triplicado de cada hongo durante 3 días empleando un calibrador digital Vernier, siendo así como las mediciones restantes fueron evaluadas cada 24 horas.

$$Tc = \frac{Cf - Ci}{Tf - Ti}$$

Cf: Crecimiento diametral final en mm (tercer día)

Ci: Crecimiento diametral inicial en mm (primer día)

Tf: Tiempo final del crecimiento fúngico

Ti: Tiempo inicial (día uno)

3.9. Análisis estadístico

El análisis estadístico para la tasa de crecimiento se determinó mediante la aplicación de los hongos en 3 diferentes medios de cultivo y los resultados se reportan en función de la ecuación generada por (Rojas Barreto & Anaguano, 2014) utilizando el software estadístico Infostat en su versión actualizada del 2020. Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro & Wilks con un valor de significancia de 0.05. Se realizó el análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis para determinar cuáles tratamientos difieren entre sí, con 3 repeticiones para los tratamientos donde:

T1: Crecimiento en medio SDA

T2: Crecimiento en medio SDA+NaCl

T3: Crecimiento en medio MBM

Los resultados obtenidos son evaluados en función de las Hipótesis descritas a continuación:

Hipótesis Nula: La tasa de crecimiento de las cepas fúngicas en los tres medios de cultivo es estadísticamente igual

Hipótesis Alternativa: La tasa de crecimiento de las cepas fúngicas en los tres medios de cultivo no son estadísticamente iguales en al menos uno de ellos.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1. Parámetros fisicoquímicos

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de lodo arrojan valores significativos para mayor conocimiento de la composición orgánica del sedimento. Es así como en la tabla 3 se detalla el promedio de los parámetros de las tres muestras.

Tabla 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Valor promedio
pH	5,38
Temperatura	27°C
Salinidad	1730 ppm
Conductividad	1040 ppm
DQO	990 mg/L
N	340 mg/L
NO2	0,065 mg/L
NO3	1,7 mg/L
P	29,4 mg/L.

Fuente: Las autoras, 2023.

Los valores presentados de pH 6,38 y temperatura 27°C, fueron obtenidos de los análisis in situ del tratamiento primario, son variables e independientes de algún tipo de contaminación, aunque para Ramírez et al. (1997), quién generó su data de resultados en base al índice de contaminación por pH el cual presenta valores de pH 6 a 8 alega , temperatura que se presenta como variable independiente del proceso ya que son condiciones ambientales específicas, así mismo con, esto se relaciona con los valores obtenidos del tratamiento primario.

Para Herrera et al. (2017) el aislamiento de microorganismos en los lodos primarios residuales se debe conocer los requerimientos nutricionales y condiciones fisicoquímicas estrictas que se deben cumplir para replicar su microambiente in vitro para cumplir con el objetivo de crecimiento y proliferación, por lo que la temperatura y pH son condiciones variables e independientes de cada industria y los hongos se van a desarrollar y adaptar a estas condiciones debido a su versatilidad en metabolizar los nutrientes que se encuentran a disposición.

Salinidad y conductividad eléctrica son parámetros que influyen en la calidad y tipo de agua residual en este caso por ser una industria atunera el nivel de salinidad es alto, como lo indica Pérez (2021), son parámetros que influyen también en la microbiota acuática o terrestre de cada microorganismo debido a la composición iónica del agua del efluente con ello la conductividad eléctrica varía dependiendo del origen del agua.

La demanda química de oxígeno indica la cantidad de materia orgánica que se encuentra inmersa en el medio, se puede apreciar en la tabla de parámetros un valor promedio alto como en el estudio de Caldera et al (2010), en el cual presenta una tabla de características de aguas residuales dónde se detallan parámetros relevantes a con valores promedios coincidiendo en los valores de DQO expresados en mg/L, se corrobora que las cargas orgánicas en estos tratamientos son altas.

Los parámetros de nitrógeno, nitritos y nitratos son valores arrojados del sedimento primario del tratamiento de aguas residuales, como principal el nitrógeno es considerado un valor elevado dentro de los estudios realizados en diferentes plantas de tratamiento con una actividad industrial distinta al de la atunera e incluso se utiliza el método Kjeldahl como lo menciona Espinosa Lloréns et al (2013), para analizar compuestos nitrogenados incompletos como el amonio libre, nitritos y

nitratos dando valores variables en cada proceso analizado asimilándose a los procesos realizados por las autoras.

El fósforo como parámetro es uno de los indicadores de carga orgánica importantes por lo cual el valor promedio es de 29,4 mg/L, considerando que los análisis que se realizan en sedimento poseen remoción de este nutriente, así como lo menciona Teixeira Correia et al, (2013) en su estudio sobre las mediciones de fósforo presentes en el agua residual tratada, existe un rango de 14,2 a 43,2 mg/L registrados dentro de un reactor con un afluente residual considerable que corresponden a condiciones típicas en esta parte del tratamiento coincidiendo en las condiciones de los reactores de la industria atunera.

4.2. Aislamiento de hongos filamentosos a partir de lodo primario



4.2.1 Técnica de diluciones seriadas

Los hongos están presentes en lodos residuales atuneros gracias al gran contenido de materia orgánica y las condiciones favorables para su crecimiento como principal la humedad y temperatura. Estos hongos liberan enzimas que descomponen la materia orgánica en compuestos más simples, lo que facilita su descomposición y posteriores usos el compostaje.

Según Herrera (2017), menciona en sus resultados la identificación de hongos filamentosos en lodos orgánicos estando presentes *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., y *Penicillium* sp. como los más abundantes, de los cuales se coincide en los resultados obtenidos en el laboratorio de microbiología arrojando a *Penicillium* sp. como el hongo filamentoso más común.

En la tabla 4 se presentan las placas madre en donde se obtuvo un consorcio de microorganismos procedentes de los lodos primarios, a continuación se presentan las muestras representativas de cada dilución en donde hubo mayor presencia de hongos filamentosos.

Tabla 4 Descripción de microorganismos presentes en placas madre

Origen de la muestra	Imagen	Número de microorganismos presentes
<p><i>Muestra 1; réplica 1; dilución 10⁻¹</i></p>		<p>2 colonias de levaduras, 2 colonias fúngicas, crecimiento de bacterias y contaminación</p>
<p><i>Muestra 3; réplica 1; dilución 10⁻¹</i></p>		<p>3 colonias fúngicas; 10 levaduras; 60 colonias bacterianas</p>

*Muestra 4: réplica 1;
dilución 10⁻¹*



1 hongo filamentoso, 3 levaduras, contaminación

*Muestra 1; réplica 2;
dilución 10⁻²*



3 hongos filamentosos con hifas aéreas, contaminación

*Muestra 7; replica 1;
dilución 10⁻¹*



4 levaduras, 1 cuerpo fúngico, presencia de bacterias y contaminación

*Muestra 9; replica 1;
dilución 10⁻¹*



1 hongo que acapara la mayoría del medio de cultivo y presencia de contaminación

Fuente: Las autoras, 2023.

4.3. Caracterización macroscópica y microscópica de las colonias fúngicas obtenidos de los lodos primarios de la PTAR

Las propiedades de los hongos filamentosos son beneficiosas para la mejora del suelo. Por ejemplo, ciertas especies de hongos micorrícicos forman simbiosis con las raíces de las plantas, lo que mejora la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades de las plantas, pueden ser utilizados como agentes de inoculación en la agricultura para mejorar la salud del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos.

La fase de muestreo permitió aislar siete cepas de hongos de lodo primario que fueron identificadas a nivel de género con ayuda de una descripción de forma microscópica y macroscópica por claves taxonomica según la tabla 5 descrita a cotinuación:

Tabla 5. Características morfológicas de los géneros aislados

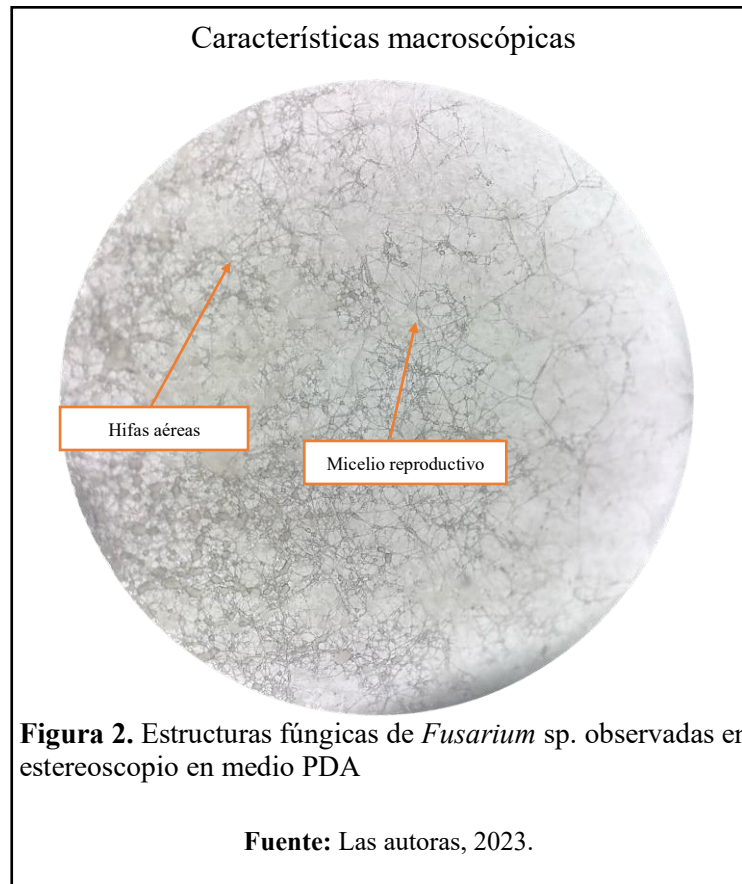
<i>Género</i>	<i>Características macroscópicas de las colonias</i>					
	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color-pigmentación	Textura
<i>Fusarium sp.</i>	Filamentosa	Plana	Fimbriado, filiforme	Granulada-mate	Blanco-crema	Aterciopelada
<i>Cladosporium sp.</i>	Filamentosa	Sobresalida	Regular, convexa, filamentosa	Velosa, rugosa al tacto, rugosa,	Blanquecina gris Reverso: Naranja-crema	Aterciopelada
<i>Penicillium sp.</i>	Circular-ovoide	Poco en relieve	Filiforme	Polvorosa, arrugado	Verde grisáceo con micelio blanco	Arenosa
<i>Trychophyton sp.</i>	Rizoide	Pequeña elevación en el centro	Irregular	Plana	Frontal: Blanco Reverso: Rojiza marrón	Arenosa, suave, algodonosa
<i>Geotrichum sp.</i>	Circular	plana	Lisos, enteros	Lisa, arenosa	Blanca	Suave, cerosa
<i>Aureobasidium sp.</i>	Dimorfo	Pequeña elevación en el centro	Filamentoso	Plana	Blancas-cremosas	Algodonosa
<i>Mucor sp.</i>	Indefinida	Pulvinada	Regular	Invasiva, Filamentosa	Blanquecina amarillenta	Algodonosa

Fuente: Las autoras, 2023.

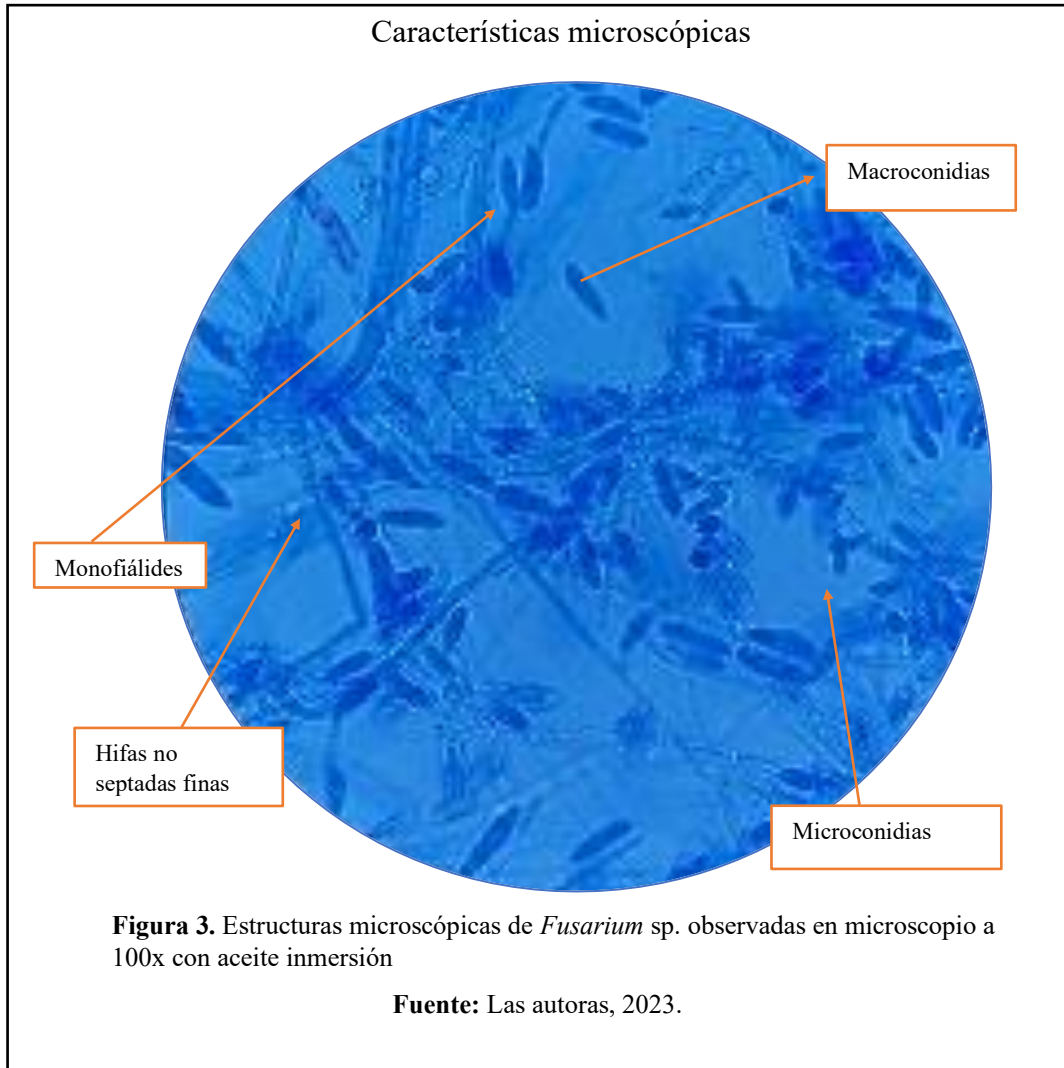
4.3.1. *Fusarium sp.*

Las aplicaciones biotecnológicas de *Fusarium sp.* se desarrollan dentro en el marco del uso de las enzimas producidas por este género, es así como las industrias emplean las enzimas proteasas y alfa-amilasas para fines de limpieza, así mismo la producción de metabolitos secundarios para el biocontrol de plagas que afectan los cultivos agrícolas (Ibrahim et al., 2021).

En la figura 2 se presenta las características macroscópicas observadas del aislamiento de la muestra número 1 procedente de la primera recolección de lodo residual, así mismo se detalla en la tabla 5 las características morfológicas de la colonia fúngica.



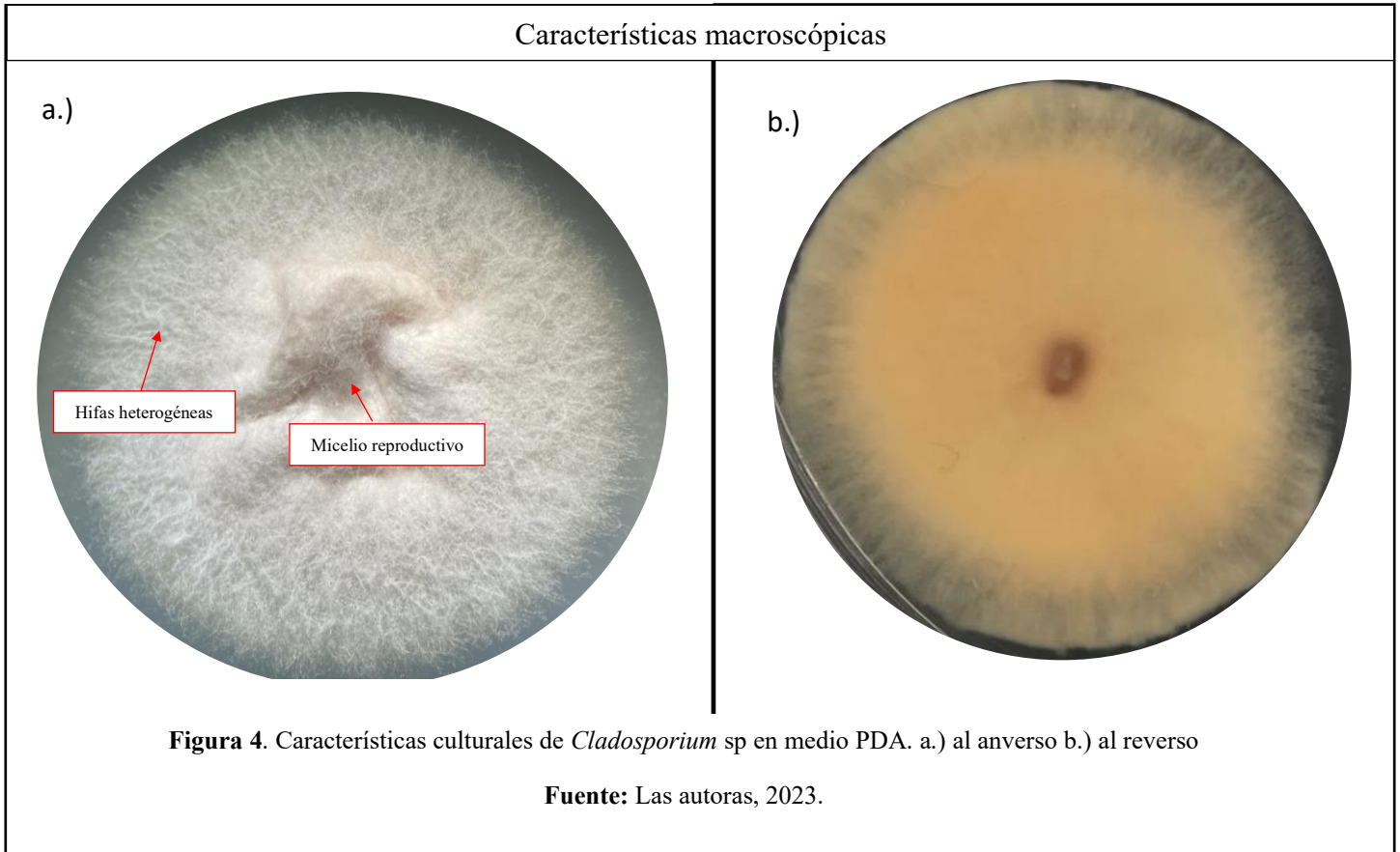
El primer aislado presentado en la figura 3 mostró cepas de un tamaño de entre 1 cm a 2 cm de diámetro de forma redonda filamentosa sin elevación y borde filiforme, la pigmentación que presentó fue un color blanco-crema con una textura aterciopelada con un crecimiento radial coincidiendo con las evidencias presentadas por López et al (2018), donde describieron de forma macroscópica la formación de colonias invasivas de color blanco de textura pulverulenta ; el tipo de micelio en su mayoría lanoso-afelpado, mientras que de forma microscópica presentaba hifas hialinas con septos, conidios y en forma de media lunas septos ligeramente curvados, escasas.



4.3.2. *Cladosporium* sp.

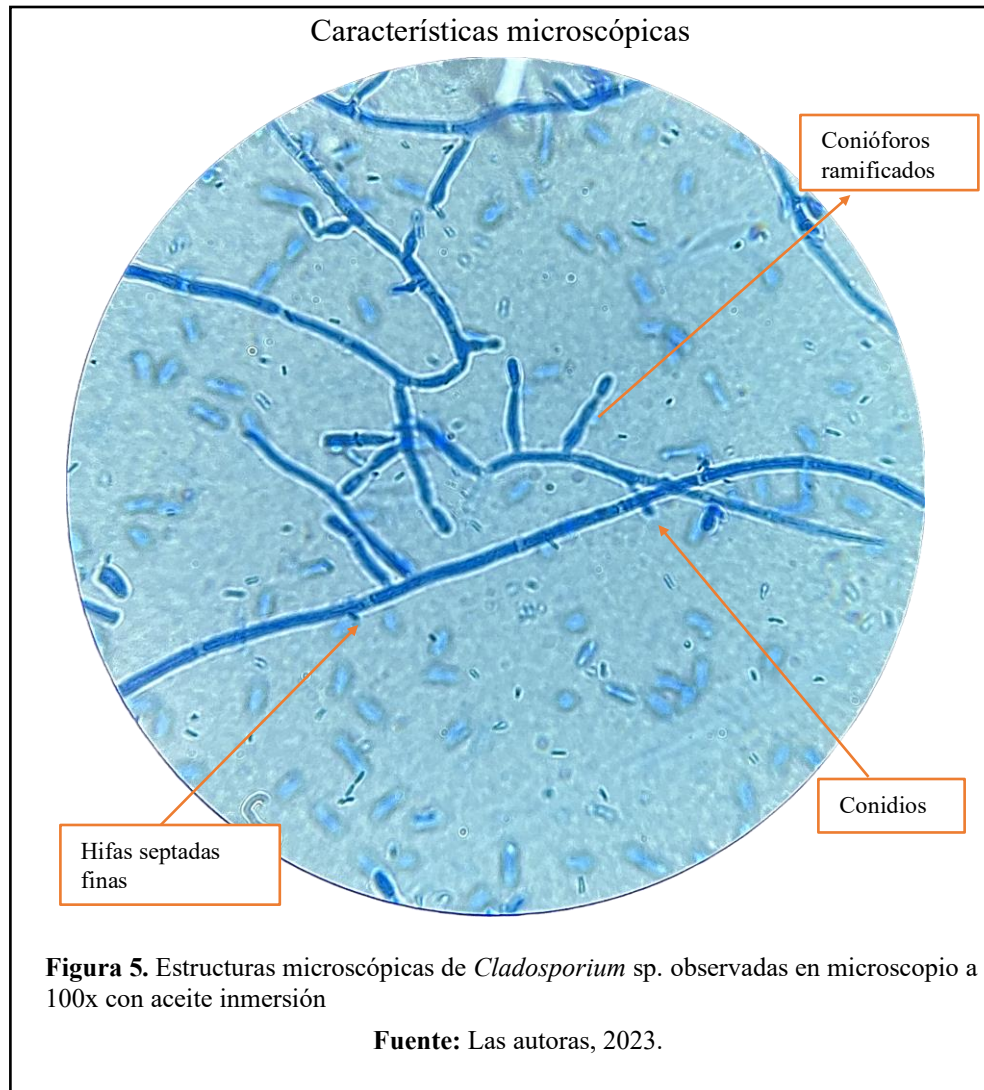
A partir del género *Cladosporium* sp. se han encontrado gran diversidad de biometabolitos estructurales variados, este género es asociado a especies marinas y su aplicación biotecnológica e industrial son consideradas grandes productoras de enzimas activas, a pesar de no encontrar biobibliografía relacionada el campo de la biorremediación, algunos estudios han descrito la eliminación de contaminantes del suelo por acción de este hongo (Mohamed & Ibrahim, 2021).

En la figura 4a y 4b se detallan las características macroscópicas aisladas a partir de la muestra número 2 de la primera siembra de la muestra de lodos. En la tabla 5 se detalla cada una de las características notorias a empleando el estereoscopio.



Se observó una relación con la descripción morfológica realizada por Bernal et al (2005) en el que sus aislados tienen tonalidades de color gris oliváceo a verde, con textura afelpada y bordes regulares coincidiendo con las características obtenidas de este proyecto color blanquecino grisáceo, textura aterciopelada con borde regular. A nivel macroscópico las cepas coinciden con lo descrito por Rossiana et al. (2018) en sus cepas control septos visibles, hifas ramificadas y delgadas. En relación con las características observadas en la figura 5 de nuestro estudio presenta

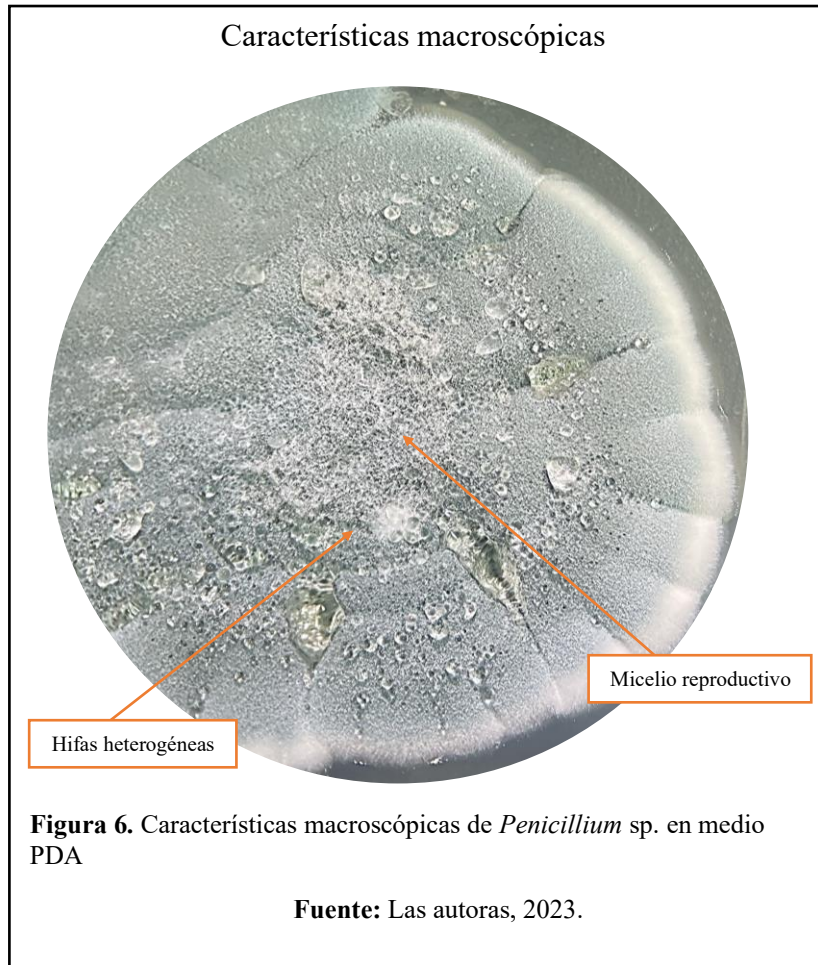
hifas finas, septadas y ramificadas, conidios unicelulares y elipsoidales de un tamaño entre 3-5 μm .



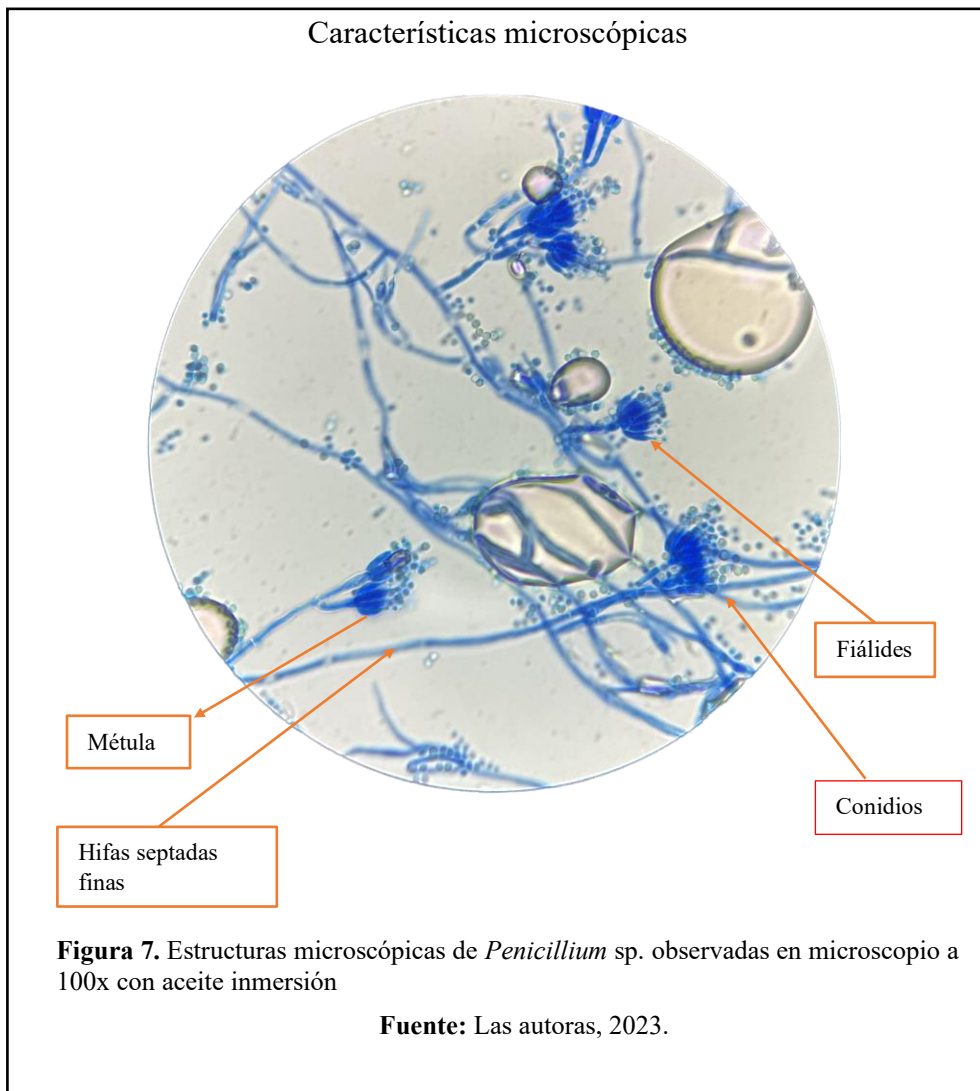
4.3.3. *Penicillium* sp.

Según el caso de estudio realizado, el hongo *Penicillium* es el que tuvo mayor tasa de crecimiento a una temperatura de 30 °C, adquiriendo una tasa de crecimiento de 0.039 cm. h⁻¹, entonces gracias al crecimiento elevado que obtuvo se pudo determinar del medio de cultivo sumergido, la solución salina, el tiempo de cultivo del hongo para producir amilasa, evaluando una actividad amilolítica, dando como resultado mayor actividad por la evaluación de sales en los

cultivos, indicando que por medio del proceso puede actuar como en algunos procesos industriales como la producción de alimentos y textiles (Tamires Alves Silva et al., 2022). Es así como en la tabla 5 se describe la morfología de la colonia fúngica y su morfología visualizada en la figura 6.



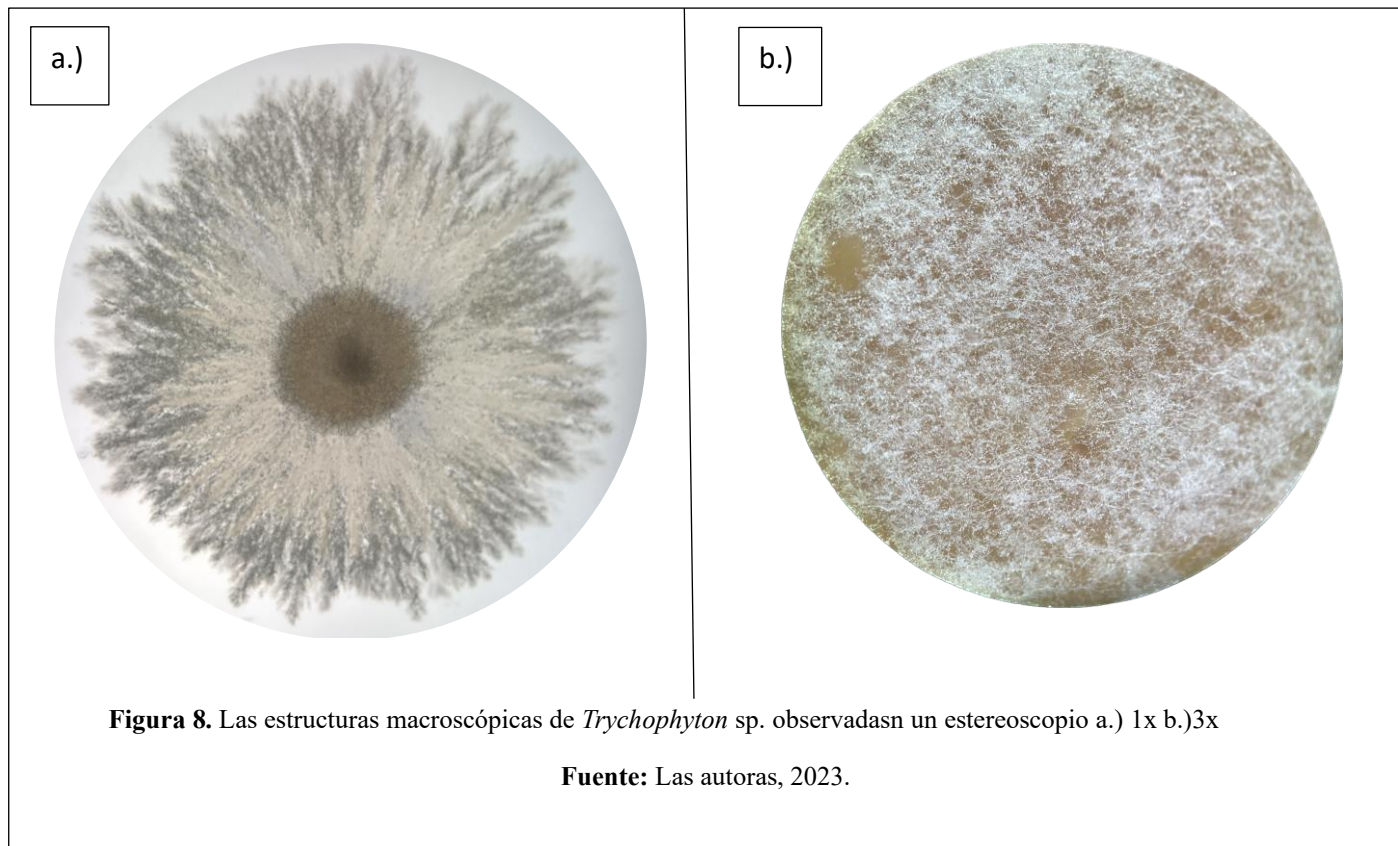
En la figura 7 se detalla la presencia de hifas hialinas, conidios redondos o globosos típicos del hongo *Penicillium*, conidoforos septados con ramificaciones en forma de cepillos conocidas como metulas, mientras que las características macro y microscópicas obtenidas de la cepa número tres en este ensayo coinciden con las descritas por Corrales et al. (2018) donde las colonias son aterciopeladas, levantadas de color verde a gris, con conidoforos rectos, hilarnos, conidios esféricos y conidoforos que nacen sobre metulas.



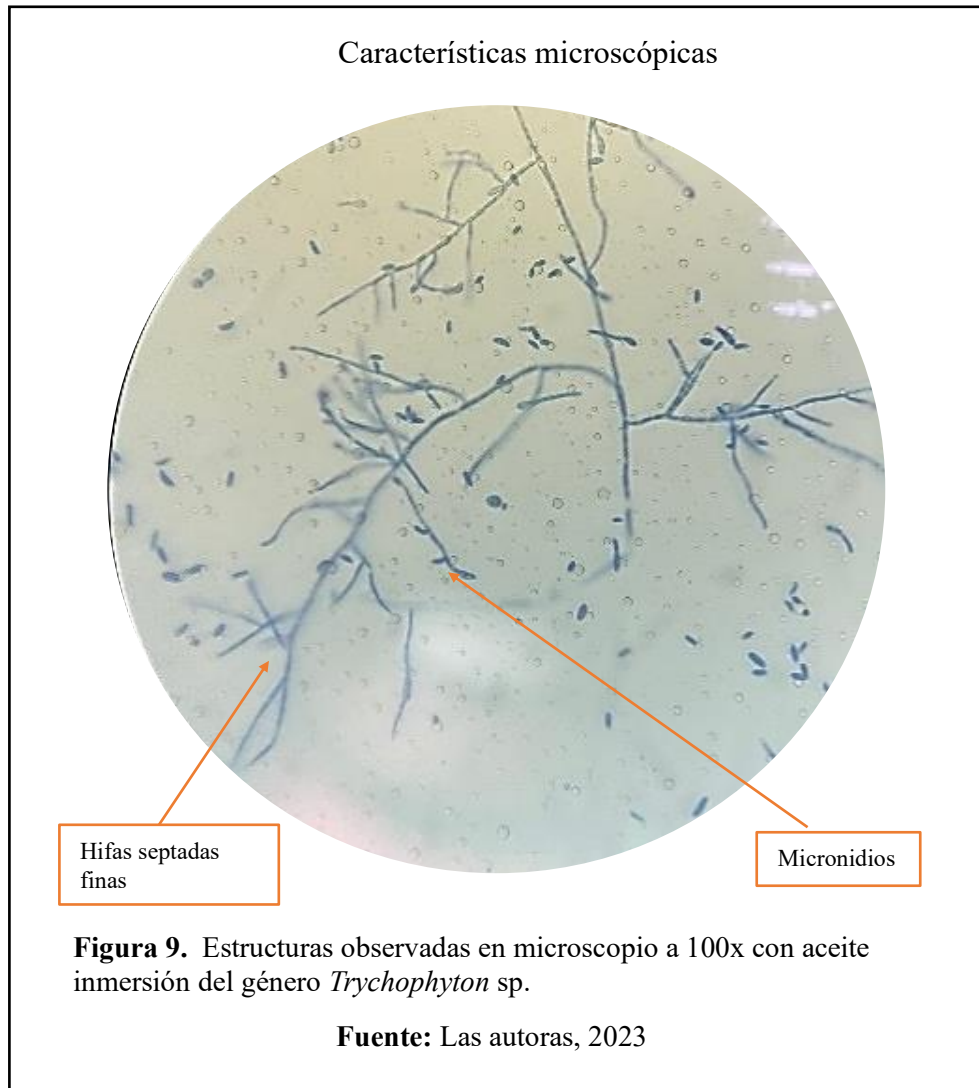
4.3.4. *Trichophyton* sp.

Trichophyton sp. elabora una cantidad de enzimas queratinolíticas, estas incluyen, la enzimas proteasas, el cual degrada las proteínas en moléculas limitadas y lipasas tienen el poder de descomponer lípidos en moléculas pequeñas. La supervivencia ambiental de este hongo se da en agua dulce, salada, distintas superficies en donde las esporas pueden sobrevivir, en cuanto a su aplicación biotecnológica aún se requiere muchos más estudios para evaluar su funcionalidad

dentro de las industrias (Sourav, 2023). En la figura 8a y 8b se observan las características macroscópicas a más detalle, mientras que en la tabla 5 se especifican las características ópticas evaluadas.



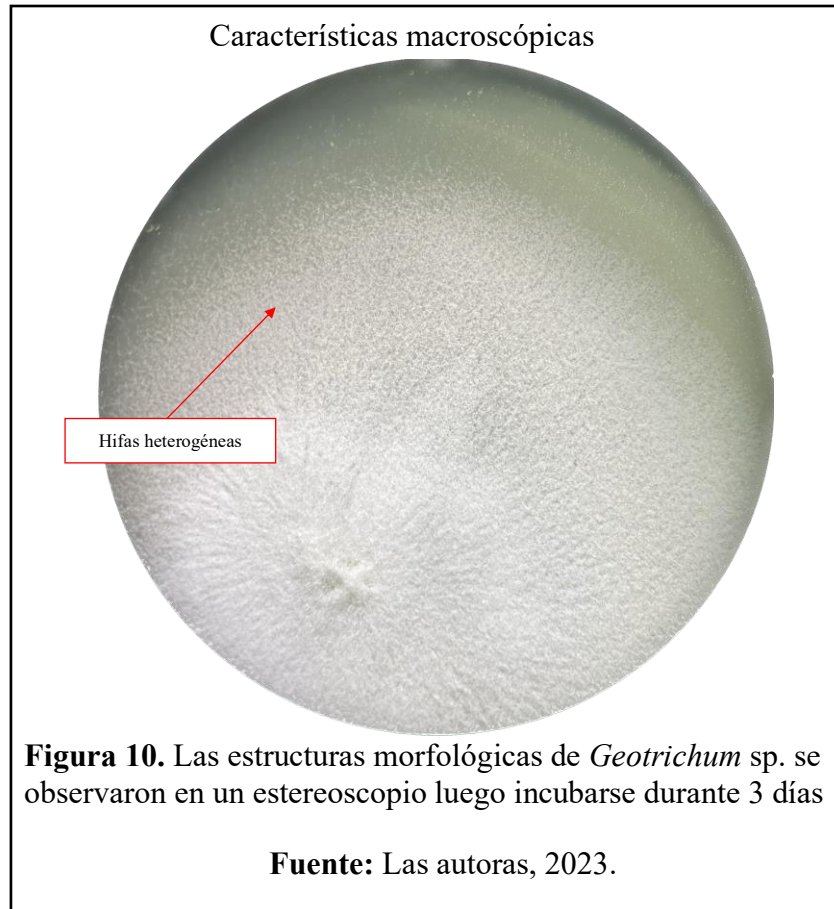
En la figura 9 las características posee una forma risoide con una pequeña elevación en el centro de textura arenosa y algodonosa en concordancia con lo descrito por cepas con pigmentación rojo vinoso, superficie algodonosa y pulverulenta, así como sus características microscópicas descritas en la figura 9 con hifas alargadas, delgadas y ramificadas, con presencia de microconidios y clamidosporas intercalares. En concordancia con lo descrito por Tartabini et al, (2013) cepas con pigmentación rojo vinoso, superficie algodonosa y pulverulenta macroscópicas y características microscópicas similares reportadas en este estudio.



4.3.5. *Geotrichum* sp.

El género *Geotrichum* sp. puede crecer a una temperatura ideal de 25°C, sin embargo puede adoptar un crecimiento a temperaturas entre 5 y 38°C. Es un género muy tolerable a situaciones de pH cuyos valores oscilan entre 5,0 y 5,5. El género *Geotrichum candidum* se encuentra limitado por la salinidad del medio provocando una desaceleración del crecimiento si existe al menos un 1% de NaCl dentro del medio en el que encuentren, es así como en concentraciones entre 5 y 6%

presentan un efecto inhibitorio (Eliskases-Lechner F., 2002). En la figura 10 y 12 se evaluaron las características macroscópicas así mismo sus estructuras y características de talladas en la tabla 5.



Las características macroscópicas de las cepas aisladas reportadas por Perkins et al (2020) indicaban tres tipos de morfotipos, entre ellos cuatro cepas con relevante similitud a nuestra cepa aislada, fueron observadas colonias blancas filamentosas similares al moho siendo predominante las hifas vegetativas, así como en los aislados encontrados en esta investigación con apariencia similar a polvo fino esmerilado, de color blanco con hifas arraigadas en el centro.

Características microscópicas

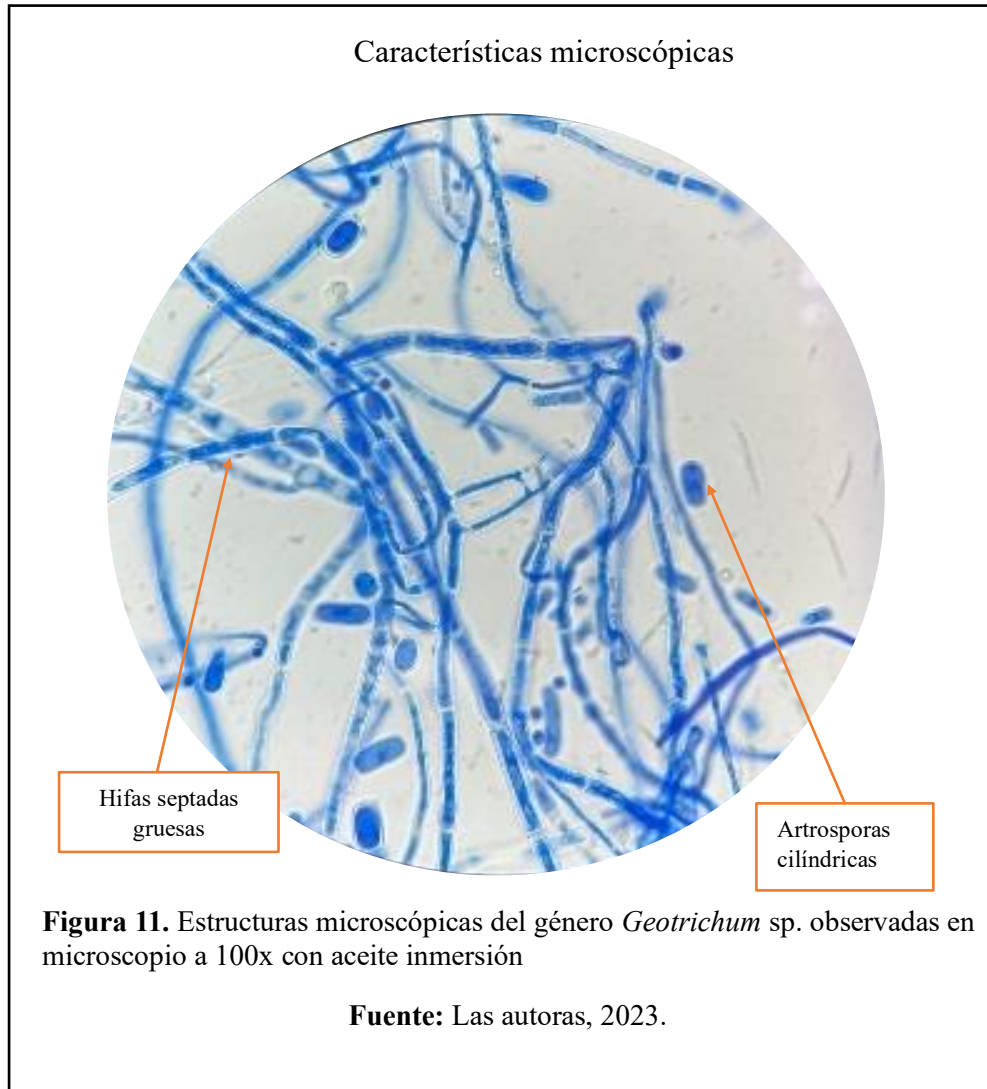
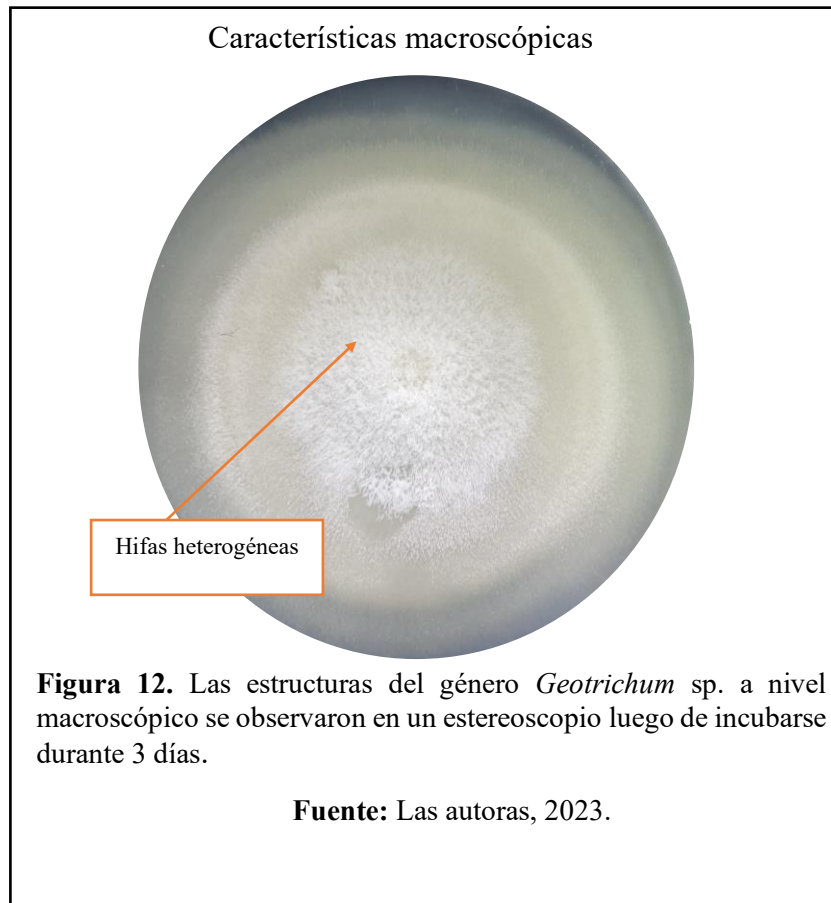


Figura 11. Estructuras microscópicas del género *Geotrichum* sp. observadas en microscopio a 100x con aceite inmersión

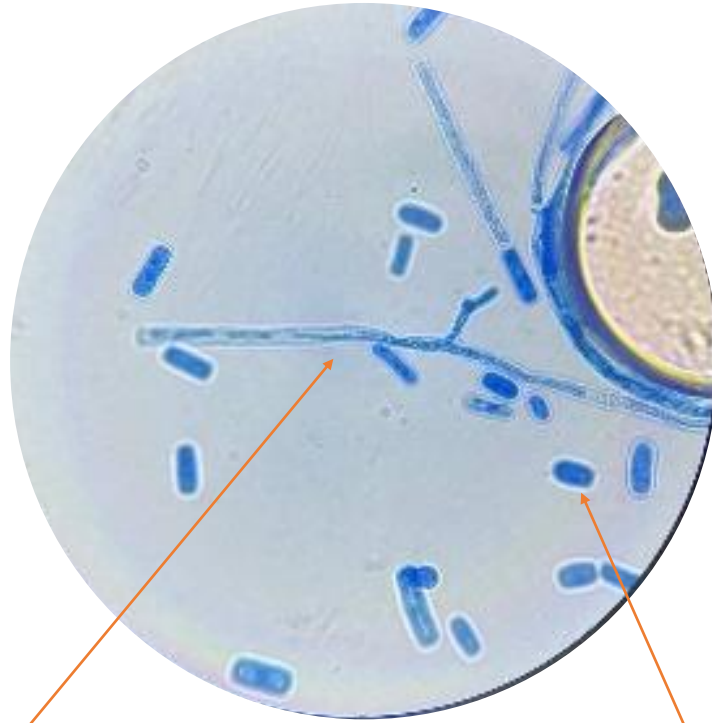
Fuente: Las autoras, 2023.

De acuerdo a la observación microscópica en la figura 11, las hifas son gruesas septadas que se fragmentan como arthroconidios rectangulares, conidios átricos con esporas en forma escolecopora, abundantes de diferente tamaño con extremos redondeados. Para las propiedades de dos géneros de *Geotrichum* las características de las colonias en el estudio de aislados de estanques de camarones fueron micelos hialinos algodonados con un morfotipo de artroespora cilíndrica e hifas septadas (Ochoa et al., 2017). Así como los resultados reportados en este estudio en la figura

13 que se observan hifas septadas que forman artroconidios rectangulares, conidios árttricos, algunos artroconoidios de diferente tamaño con extremos redondeados



Características microscópicas



Hifas ramificadas
gruesas

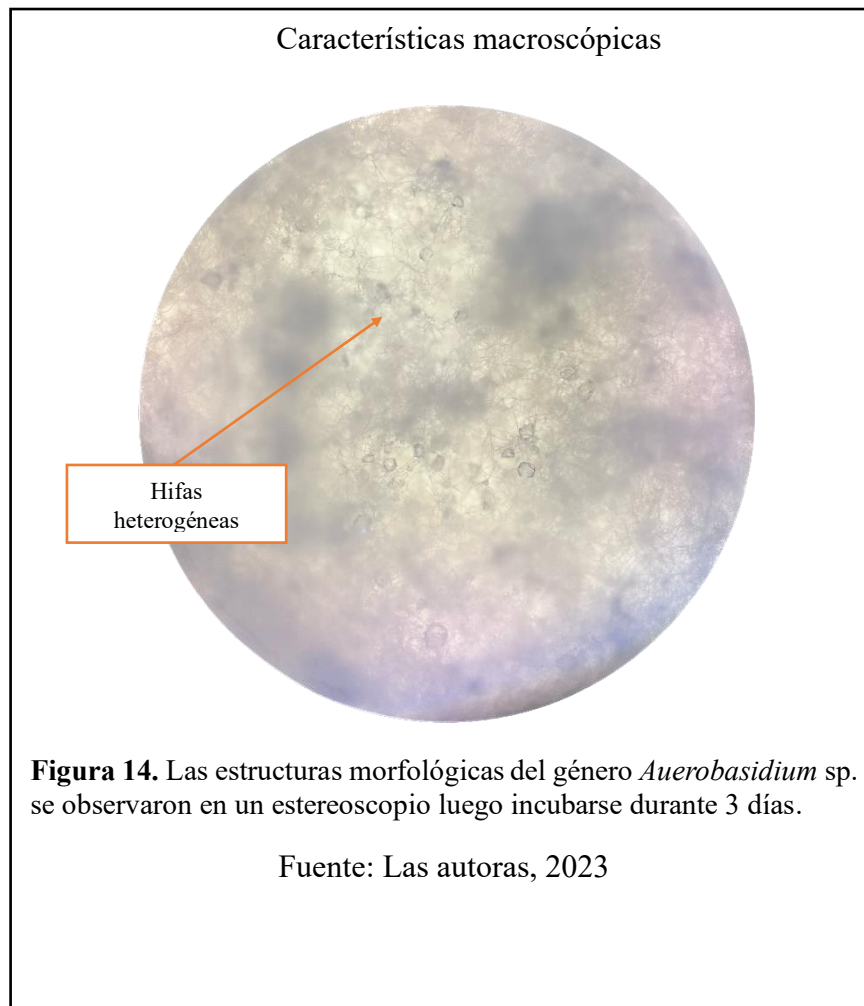
Artrosporas

Figura 13. Estructuras observadas en microscopio a 100x con aceite inmersión de *Geotrichum* sp.

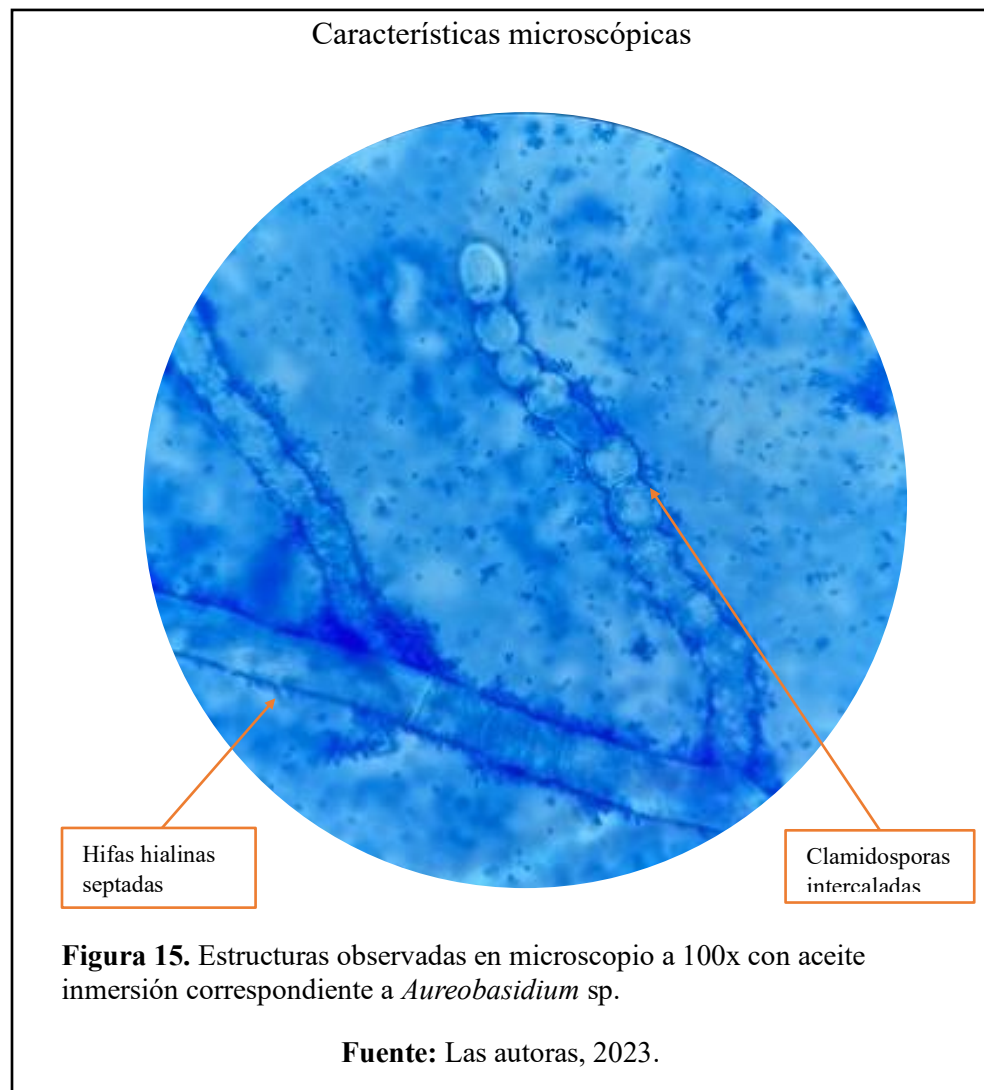
Fuente: Las autoras, 2023

4.3.6. *Auerobasidium* sp.

Pertenece a un saprobio de distribución mundial aislado de suelos, hojas, maderas en donde su temperatura de crecimiento entre 2 a 35°C, sin embargo, este género de hongo no presenta aplicaciones biotecnológicas aun estudiadas (Arnaud, 2002). En la figura 14 se muestra macroscópicamente la estructura fúngica y sus detalles se muestran en la tabla 5.

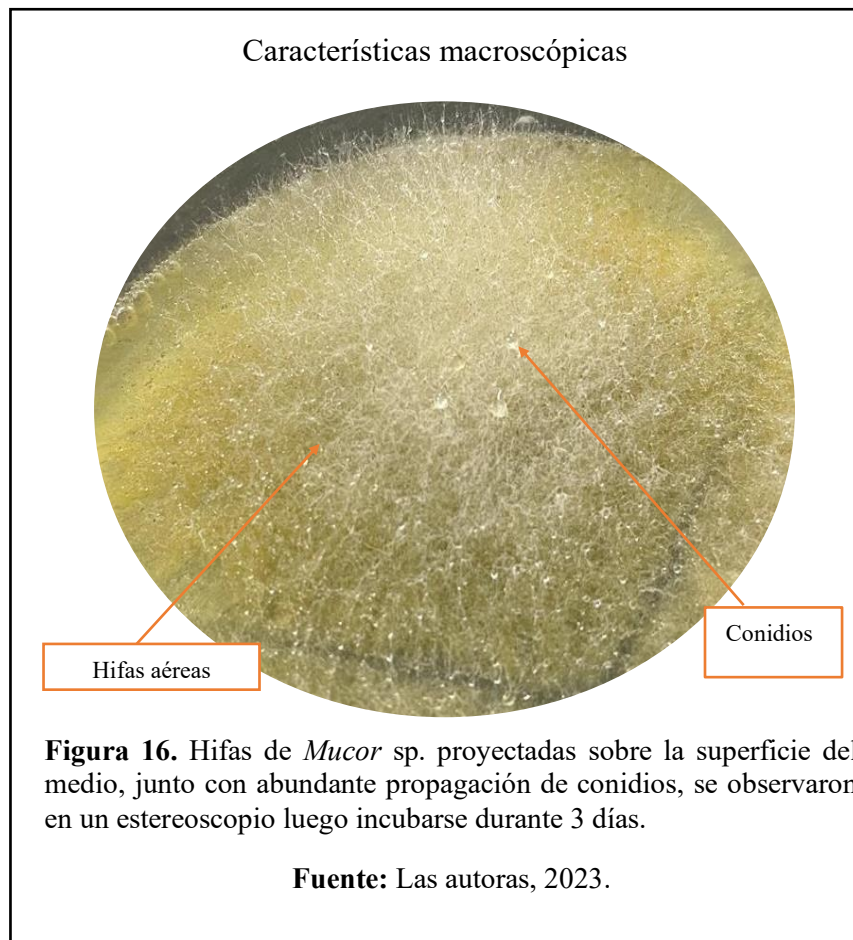


A través del examen microscópico para *Aureobasidium pullulans* de Punnapayak et al (2003) las estructuras polimórficas y blastosporas, con presencia de conidios hialino lisos, estas cepas correspondían a los aislados de bosque de pinos Doi Suthep, mientras que las características descritas en nuestra investigación se observaron en la figura 15 hifas hialinas septadas algunas formando blastoconidias, conidios elipsoidales, conidióforos no muy diferenciados, con blastosporas reproductivas, además de considerables estructuras clamidosporas intercaladas. Las características descritas por los autores y las reportadas por esta investigación se relacionan de manera particular con las estructuras de blastoconidias ovalados con hifas intercaladas.



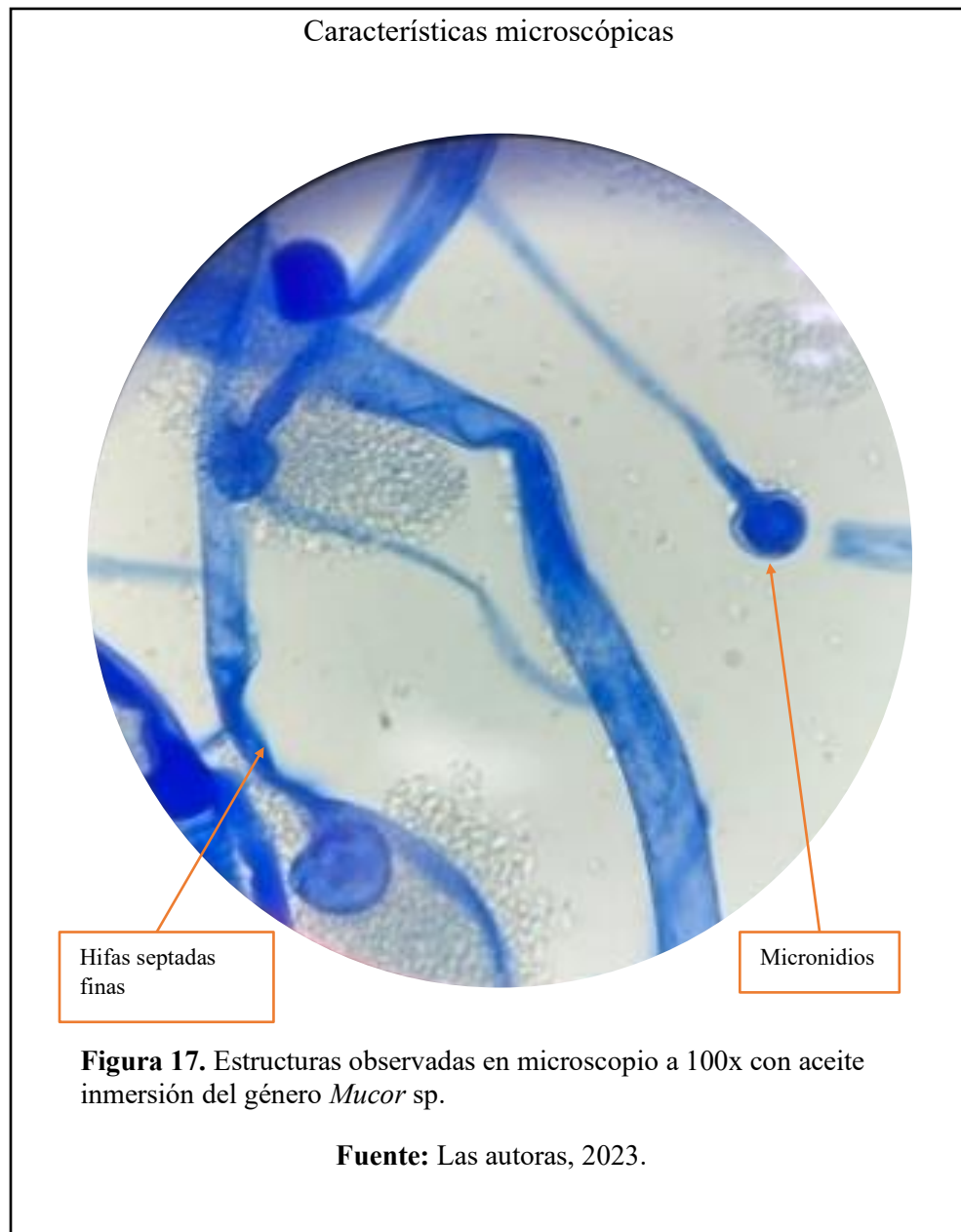
4.4.7. *Mucor* sp.

Una de las aplicaciones ya estudiadas en este género es la producción y secreción de proteasas, en un trabajo investigativo realizado por Solera Jiménez et al., (2009) utilizaron dos medios de cultivo para la producción de dichas enzimas, es así como la presencia de actividad preteásica fue evaluada por pruebas cuantitativas y cualitativas. En la figura 16 se observa a detalle las características macroscópicas de este género de hongo y en la tabla 5 se detalla las características.



La colonia descrita por Nguyen et al., (2020) presentaba esporangióforos se originaron a partir de micelios aéreos y submarinos y formaron numerosos esporangios. Las esporas eran esféricas a hemisféricas, de 31 a 76,5 × 30,5 a 75 μm de tamaño. Columela fosforescente a piriforme, 27,0–

45,5 × 24,5–35,5 μm. Las esporangiosporas eran hialinas, subglobosas a brevemente elípticas , de acuerdo a los resultados observados en la figura 17 se distinguen similitud entre las hifas gruesas no septadas con esporangios, esporangióforos y conidios grandes redondos, segmentos de micelio macrosifonados, no se observan esporangios con endosporas dentro.



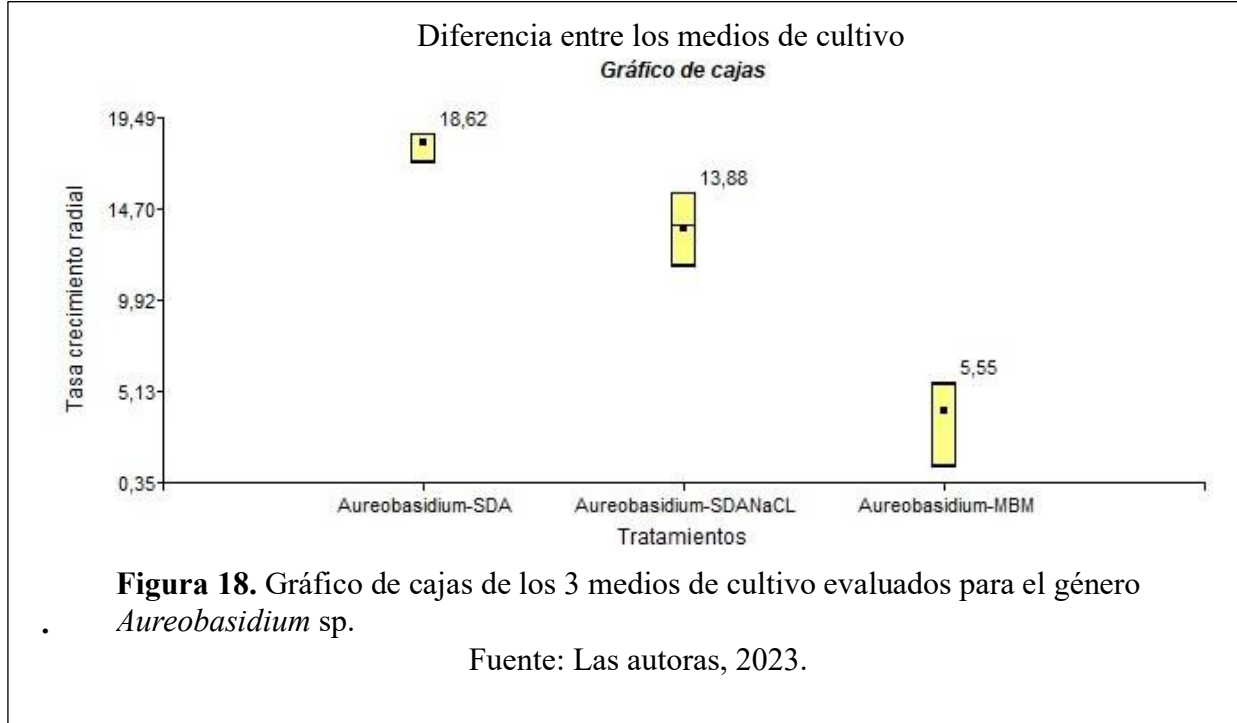
4.4. Tasa de crecimiento (Tc) de hongos aislados de PTAR

De los géneros identificados se evaluó la tasa de crecimiento para el género *Aureobasidium* sp. y *Geotrichum* sp. debido a su capacidad de adaptación a entornos desafiantes de acuerdo con bibliografía previamente investigada, ambos géneros al encontrarse en ambientes variados como en el caso de lodos primarios, poseen la capacidad para supervivencia a entornos con restricción de nutrientes (Cheng et al., 2011).

4.4.1. *Aureobasidium* sp.

- **Tasa de crecimiento**

En la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, se obtuvo un p-valor de 0,1648 (Anexo 1) siendo mayor al nivel de significancia 0,05. Este dato sugiere que existe una distribución normal entre los datos. Por otro lado, el p-valor de la prueba de Kruskal-Wallis es de 0,036 (Anexo 1) siendo menor que el nivel de significancia 0,05 presentando un rechazo a que las medias son estadísticamente iguales. En base a este estadístico al menos uno de los grupos evaluados tiene una distribución diferente a los demás, por ende, al ser diferente ambos datos estadísticos se empleó un gráfico de cajas para visualizar la distribución de los medios de cultivo, de esta manera en la Figura 18 se observa el gráfico de cajas obtenido del software estadístico en el que no existe una superposición entre los medios de cultivo.



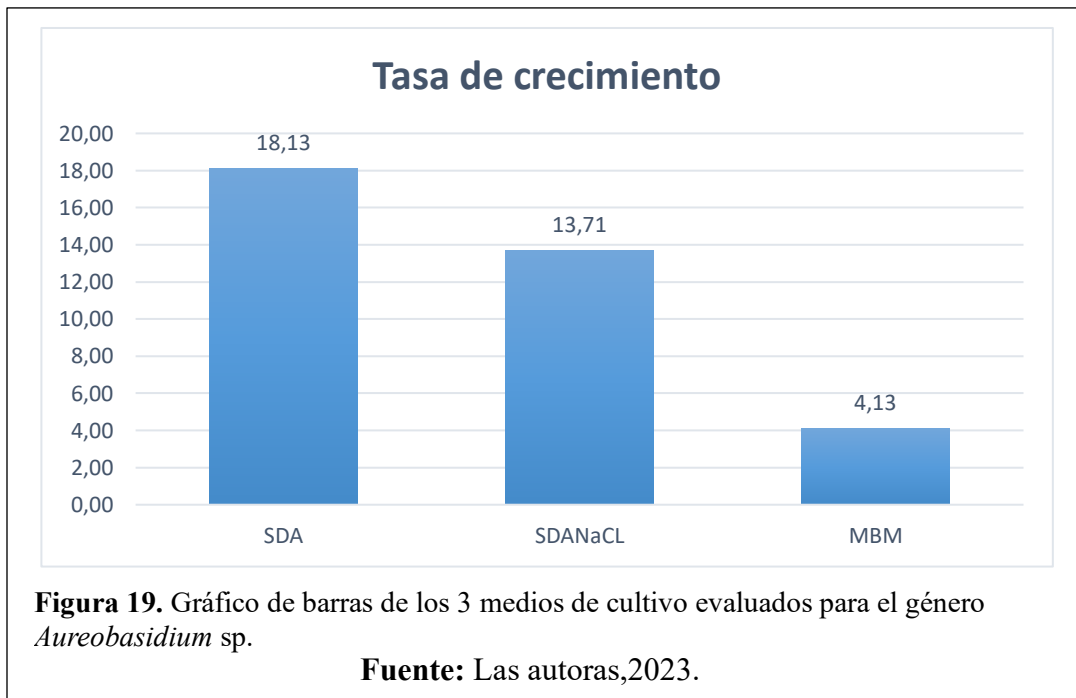
En el estudio del crecimiento micelial de *Aureobasidium pullulans* cultivado en quimiostato propuesto por Krogh et al., (1998) menciona sobre el crecimiento micelial sobre diferentes concentraciones de zinc y glucosa en el cultivo, debido a las condiciones de cultivo y su influencia tuvieron los siguientes valores:

- Concentración de 0,48 μM de ZnCl_2 ; cultivo limitado de zinc, glucosa en exceso
- Concentración de 7,6 μM de ZnCl_2 ; cultivo limitado por glucosa, crecimiento de biomasa estático
- Crecimiento con limitación de zinc: $2,49 \pm 0,03 \text{ gl}^{-1}$; biomasa estacionaria; ausencia de micelios crecidos en el medio
- Limitación de glucosa (suficiente en zinc), la biomasa en estado estacionario fue de $7,65 \pm 0,21 \text{ gl}^{-1}$; fracción micelial de 90%.

Estos resultados demuestran que a diferentes concentraciones de nutrientes el crecimiento micelial es favorecido o limitado, siendo estadísticamente comprobado que no existió una diferencia significativa en la forma de crecimiento micelial en condiciones limitantes de glucosa.

En cuanto a nuestros resultados ejemplificados en el gráfico de barras presentado en la figura 19 se puede comprobar la diferencia que existe en el crecimiento de *Aureobasidium* sp. en los 3 diferentes medios de cultivo, siendo así el medio SDA el mejor para su crecimiento, seguido del medio SDA+NaCl con una diferencia con el primer medio de 4,42 %, por último, el medio MBM presentó escaso crecimiento con escasa formación de estructuras fúngicas para este género.

En cuanto a la interpretación de la tasa de crecimiento en el estudio de Krogh y colaboradores y nuestra evaluación, se establece que los medios complejos manipulados bajo condiciones limitantes dificultan el crecimiento micelial reduciendo la producción de biomasa y bajo rendimiento sobre la formación de estructuras reproductivas.

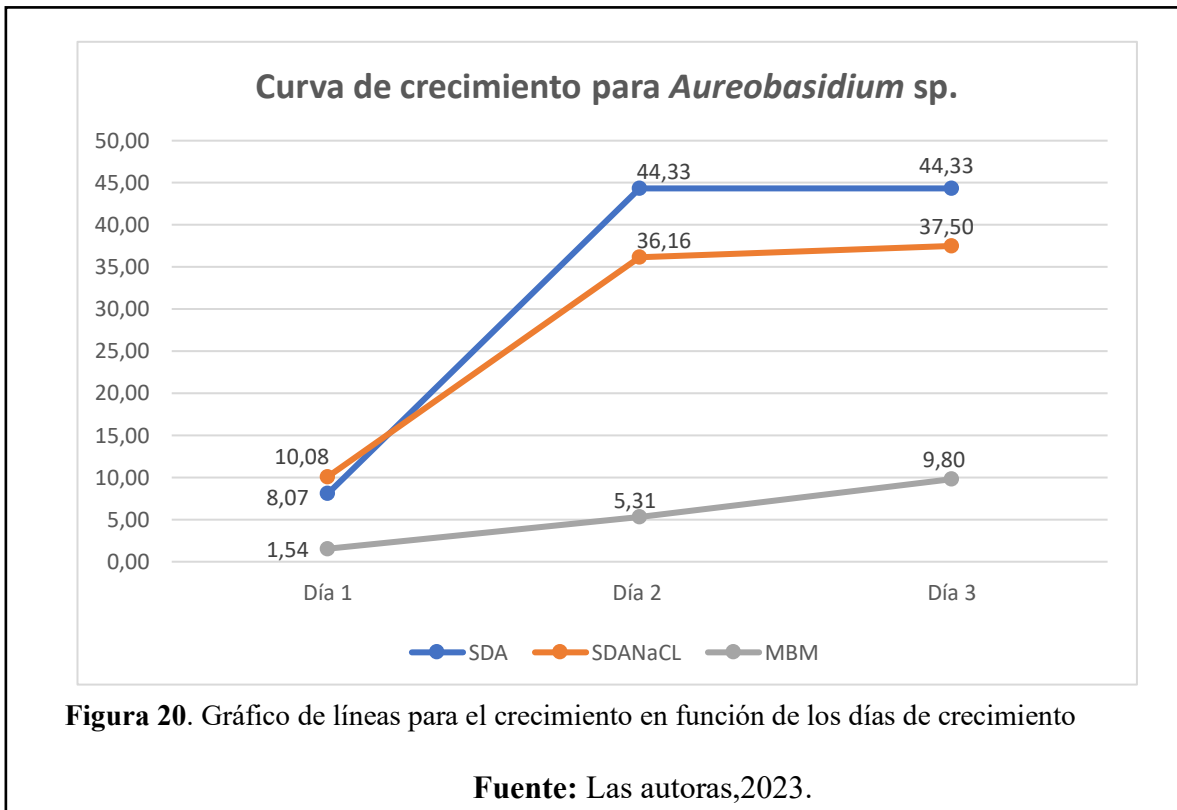


- **Curva de crecimiento en función de los días**

Para determinar la curva de crecimiento del hongo en función de los días (Anexo 2) se realizó mediciones diarias detallado en la sección 3 para los medios de cultivo: SDA, SDA+NaCl y MBM respectivamente. Las mediciones del diámetro no pueden ser evaluadas independientemente, por lo que se analizaron de acuerdo con el promedio de las tres réplicas por día y por tratamiento.

El resultado de los diámetros evaluados por un periodo de tres días (Anexo 3) El enfoque de evaluar la curva de crecimiento en relación con los días, como se representa en la figura 20, consistió en demostrar de manera visual que el medio MBM presentó bajo promedio de crecimiento en comparación con el medio SDA que presentó un crecimiento exponencial para luego presentar un crecimiento lineal.

La tasa de crecimiento evaluada en función de horas fue reportada en el mismo estudio de Krogh y colaboradores en donde mencionan que la capacidad de *Aureobasidium* de absorción se redujo un 56% después de 2 h de recolección de biomasa, resultando comparable con nuestros datos donde el medio SDA junto con el SDA+NaCl comparten características de a nivel de crecimiento diferentes ya que nuestra curva comienza de manera exponencial hasta luego ser una tendencia lineal luego del transcurso de 24 horas y para el estudio de absorción de zinc el mejor tiempo de crecimiento fue de 50 minutos, ambos resultan diferentes debido al medio de cultivo donde se encontraba y sus suplementos así como la cepa utilizada.

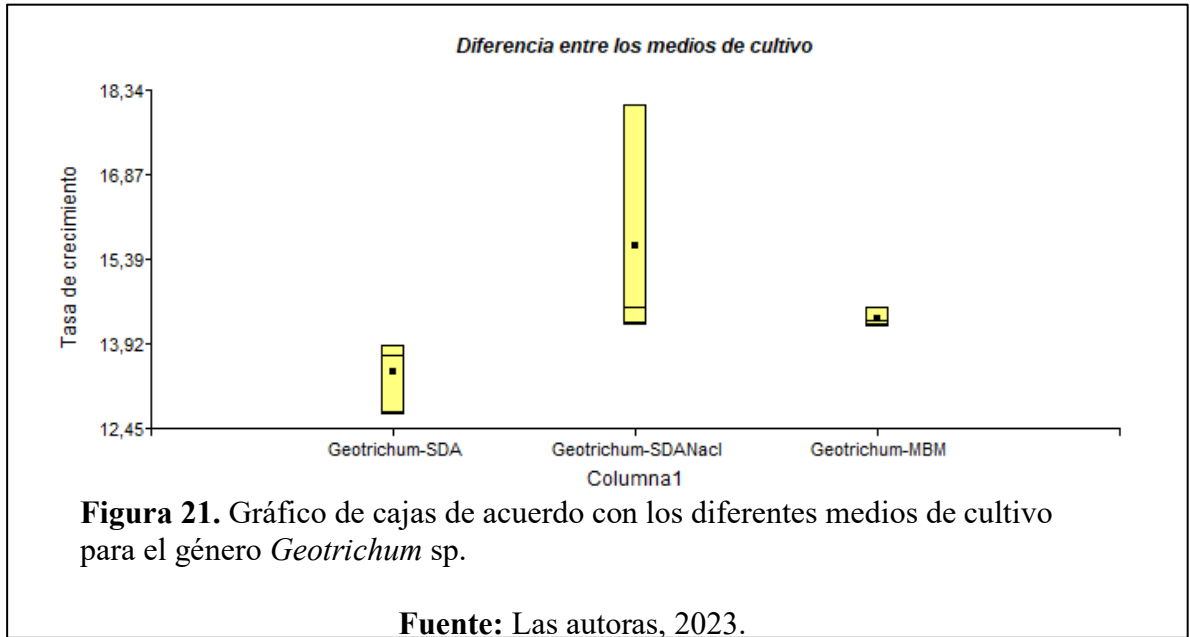


4.4.2. *Geotrichum* sp.

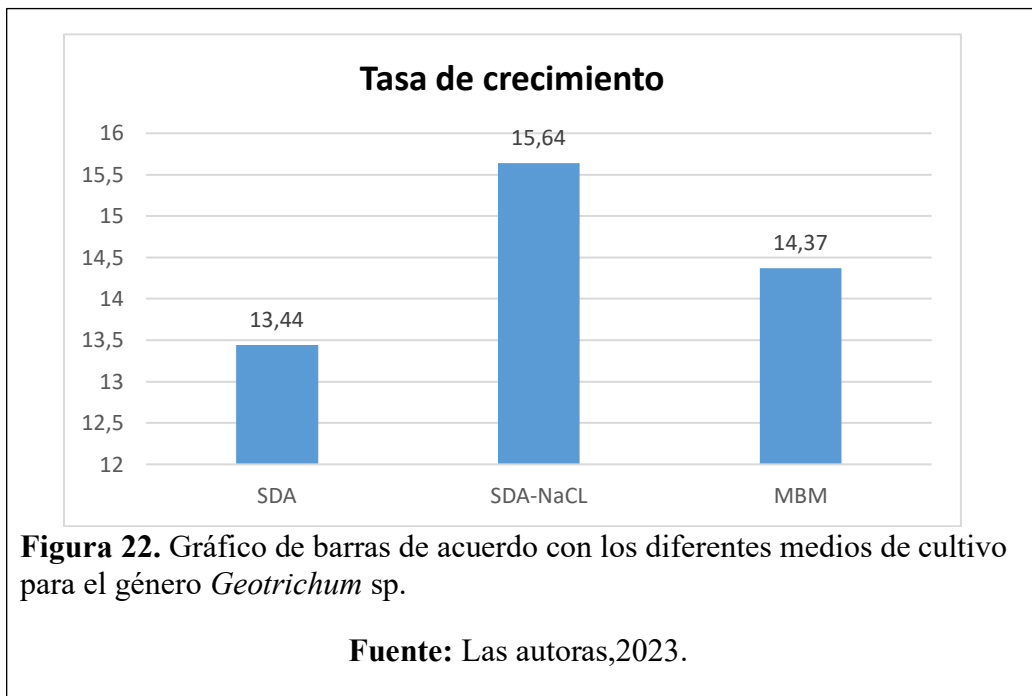
- **Tasa de crecimiento**

En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks se obtuvo un p-valor 0,0147 siendo mayor a 0,05 para los medios de cultivo, esto indica que uno de los datos es significativamente diferente en al menos una respuesta. Consecuentemente el análisis de Kruskal-Wallis para determinar qué grupo es estadísticamente diferente se obtuvo un p-valor 0.0250 (Anexo 4). Aunque la distribución de los datos no sigue una tendencia de normalidad, existe al menos una variable significativamente diferente.

En el gráfico de cajas de la figura 21 se compara el centro de los grupos y su dispersión, la línea trazada a partir del punto de cada caja demuestra que las variables evaluadas parecen ser diferentes entre sí.



En la figura 22 se compara el promedio de la tasa de crecimiento evaluados para los 3 diferentes medios de cultivo, el mejor medio de cultivo fúngico fue SDA+NaCL con una tasa de crecimiento de 15,64%, seguido del medio MBM con una tasa de crecimiento de 14,37%, mientras que como último medio fúngico de bajo rendimiento fue SDA. En el estudio de Flores Murillo Roberto, y otros (2015) el crecimiento de *Geotrichum candidum* se evaluó en un medio de cultivo específicamente para fermentación sólida impregnando junto con aserrín, el crecimiento radial se midió en medio PDA con un diámetro de 6.33mm/día, datos evidenciados en este estudio demuestran una tasa de crecimiento superior en comparación con el estudio presentado por el autor Flores Murillo (2015).

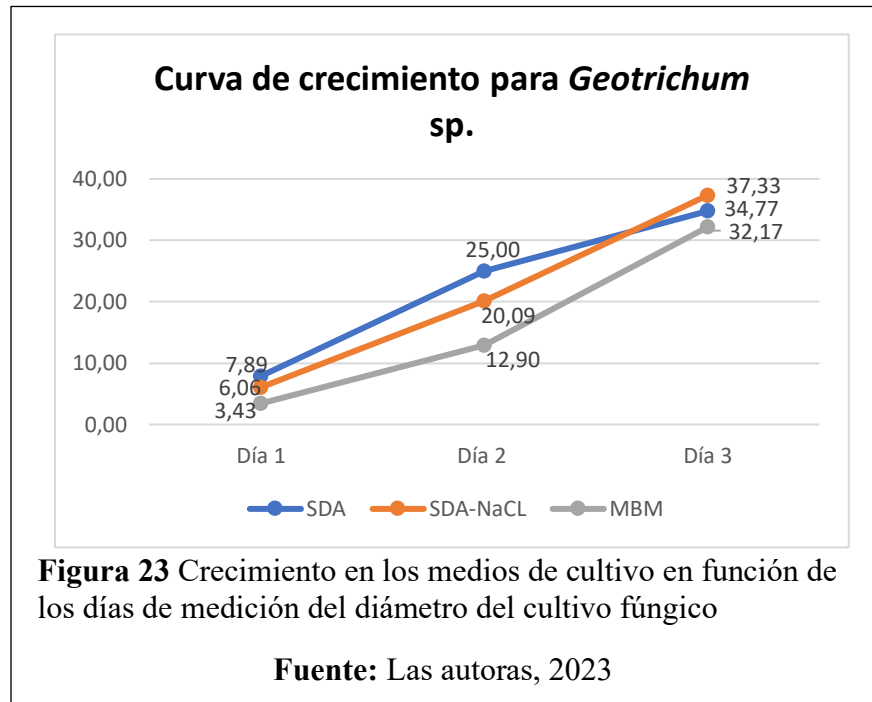


En el estudio de Koňuchová & Valík, (2021) realizaron ensayos de crecimiento de *Geotrichum candidum* en medio Sorbitol MacConkey Agar (SMA) suplementado con NaCl a diferentes concentraciones y evaluado en función del tiempo necesario para el desarrollo de colonias de 3 mm de *Geotrichum candidum*, los datos del tiempo se calcularon para las dos cepas fúngicas, siendo así como una cepa requirió menos tiempo para la formación de colonias en comparación con la colonias evaluadas a bajas temperaturas.

En contraste el crecimiento en función del tiempo de la cepa G fue más corto con la otra cepa cultivada a temperaturas altas, los autores resaltan que el tiempo disminuye cuando *Geotrichum* presenta una tasa de crecimiento exponencial relacionado con temperatura optima.

Los días de crecimiento en función del medio de cultivo son similares a nuestro estudio debido al ambiente de salinidad que presenta el tanque de lodos primarios de nuestro estudio y el ambiente

salino proporcionado por el estudio comparado, es así como el género *Geotrichum* en ambas investigaciones se adapta al ambiente proporcionado.



Capítulo 5

5.1. Conclusiones y recomendaciones

5.1.1. Conclusiones

- Se determinaron los parámetros fisicoquímicos: pH, la temperatura, DQO, TDS, nitrógeno, fosforo, potasio, la conductividad, salinidad, nitritos, nitritos y nitratos corresponden a valores normales dentro del rango de monitoreo general lo que indica que los residuos de las industrias atuneras no modifican significativamente los valores evaluados, por ende, no son sustento para comparación con otro tipo de industrias.
- A partir de las placas madre de las muestras de lodos residuales se aislaron 8 géneros de hongos filamentosos se obtuvo las siguientes cepas fúngicas: *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Trichophyton* sp., *Auerobasidium* sp., *Mucor* sp, identificados mediante claves taxonómica su correspondiente familia y género, los cuales son normales encontrar en este tipo de ambiente residual, mientras que para el género *Trychophyton* sp. no se ha encontrado evidencia bibliográfica sobre su presencia en lodos primarios residuales, lo que indica baja probabilidad de su existencia en el ambiente generado en los lodos primarios. Se pueden interpretar que su presencia se debe a una contaminación antropogénica en el lugar del sustrato.
- Se evidenció variabilidad en el crecimiento de los hongos en función de los medios de cultivo con la mayor tasa de crecimiento micelial en el medio SDA seguido del medio SDA+NaCl y como último el medio MBM, debido a composición limitantes de nutrientes. Lo que enfatiza la importancia de brindar especificidad nutricional esencial para un óptimo crecimiento en diversos medios de cultivo.

5.1.2. Recomendaciones

- Se recomienda explorar otras técnicas de identificación morfológica como la secuenciación molecular para corroborar los resultados obtenidos a profundidad en base a las características de las cepas aisladas, aportando diferentes enfoques en la metodología.
- Es recomendable también extender los estudios focalizados hacia la industria atunera, proponiendo medidas adecuadas para el tratamiento de lodos residuales industriales que promuevan el factor biotecnológico mediante el uso de los distintos microorganismos, aportando en la reutilización de recursos que ayudan al desarrollo de tecnologías sostenibles y eficientes a futuro.
- Se sugiere mantener la línea de investigación en la bioprospección de lodos para caracterizar la presencia de bacterias, levaduras, protozoos, microalgas entre otros, con la finalidad de encontrar un nicho de estudio microbiológico residual que puedan aportar beneficios a la industria y a la ciencia.

Bibliografía

- Altowayti, W. A. H., Shahir, S., Othman, N., Eisa, T. A. E., Yafooz, W. M. S., Al-Dhaqm, A., Soon, C. Y., Yahya, I. B., Che Rahim, N. A. N. B., Abaker, M., & Ali, A. (2022). The role of conventional methods and artificial intelligence in the wastewater treatment: A comprehensive review. *Processes* (Basel, Switzerland), 10(9), 1832. <https://doi.org/10.3390/pr10091832>
- Arcos A., Y. (2014). Microbiología de lodos activados. *Hechos Microbiológicos*, 4(2), 117–122. <https://doi.org/10.17533/udea.hm.21093>
- Barrios, M. B., María, Y., & Sandoval, C. (2018). Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 3–9.
- Belzona. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Belzona.com. https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Bluegold. (2020, septiembre 25). *El papel de las bacterias dentro del tratamiento biológico de aguas residuales*. Blue Gold; BLUE GOLD DESALACION SL. <https://www.bluegold.es/es/el-papel-de-las-bacterias-dentro-del-tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>
- Bolivar-Correa, M., Gaviria-Villa, A. M., & Lopez de Avila, L. M. (2022). Evaluación del potencial de levaduras nativas aisladas de aguas residuales industriales para la remoción de colorantes azoicos. *Actualidades Biológicas*, 45(118), 13. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi/v45n118a04>
- Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., & Ruesga, L. (2010). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista científica (Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Division de Investigacion)*, 20(4), 409–416. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0798-22592010000400011
- Camacho-Ballesteros, A., Ortega-Escobar, H. M., Sánchez-Bernal, E. I., & Can-Chulim, Á. (2020). Indicadores de calidad físico-química de las aguas residuales del estado de Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana: organo científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C*, 38(2), 361–375. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.610>
- Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y salud*, 15(1), 72–88. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007
- Cárdenas Torrado, G., & Molina Pérez, F. J. (2022). Alternativas para tratar lodos originados en sistemas de tratamiento de aguas residuales: una revisión. *Ingeniería*, 27(3), e17945. <https://doi.org/10.14483/23448393.17945>

- Cecilia, T., & José, A. (2014). Género *Fusarium*. *Revista Chilena Infectol*, 31(1), 2. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n1/art12.pdf>
- Coagulación, floculación y separación*. (2021, junio 1). Sswm.info; seecon international gmbh. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n%2C-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Condorchem Enviro Solutions. (2017, abril 19). *Procesos y tecnologías para el tratamiento de lodos*. Condorchem Enviro Solutions. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-lodos/>
- Escobar, L. P. (2018). *Aislamiento de hongos con potencial para sintetizar polihidroxicanoatos (PHAs) a partir de grasas y aceites en aguas residuales*. Edu.co. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/18514/u721823.pdf?sequence=1>
- Espinosa-Lloréns, M. del C., León-Hernández, Y., & Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC*, 44, 1–12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181629303001>
- Estructura de Hongos*. (2012, septiembre 10). Scribd. <https://es.scribd.com/document/105518456/Estructura-de-Hongos>
- Eurofins. (2023). *Aureobasidium sp.* Emlab.com. <https://www.emlab.com/resources/fungal-library/aureobasidium-sp/>
- Fernández Cirelli, A., (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.
- Fernández-Espinosa, C., Brito-Paredes, P., Mendoza-Torres, G., & Villavicencio-Aguilar, C. (2021). Tradición pesquera artesanal e identidad sociocultural de Puerto Bolívar: Contexto del Golfo de Guayaquil-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(2), 386-400.
- Fluence. (2017). *Modernización del Tratamiento de Efluentes de una Planta Procesadora de Pescado*. Fluencecorp.com. https://www.fluencecorp.com/wp-content/uploads/2018/12/AD_201802_Case-Study_Eurofish_lores_ES.pdf
- García-Sifuentes, C. O., Pacheco-Aguilar, R., Valdez-Hurtado, S., Márquez-Rios, E., Lugo-Sánchez, M. E., & Ezquerro-Brauer, J. M. (2009). Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos Impact of stickwater produced by the fishery industry: treatment and uses. *CyTA - Journal of Food*, 7(1), 67–77. <https://doi.org/10.1080/11358120902850412>
- Hakim, S. (2018, marzo 20). *Geotrichum Sp. Viticulture and Enology*. <https://wineserver.ucdavis.edu/industry-info/enology/wine-microbiology/yeast-mold/geotrichum-sp>
- Hamimed, S., Barkaoui, T., Trabelsi, I., Landoulsi, A., & Chatti, A. (2021). High-performance biological treatment of tuna wash processing wastewater using *Yarrowia lipolytica*. *Environmental Science*

- and Pollution Research International, 28(2), 1545–1554. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10586-6>
- Herrera López, M. A., Fabiana, L. S., & Nelsy, L. C. (2017). Identificación de microorganismos aislados a partir de lodos residuales de una planta de tratamiento de un sector curtidor del Quindío. REVISTA DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE CIENCIAS BIOLOGICAS, 1(29), ículo Páginas 103-118. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/148>
- HOP Group. (2018, mayo 15). Tratamiento primario de aguas residuales. Acuatécnica. <https://acuatecnica.com/tratamiento-primario-aguas-residuales/>
- Houbraken, J., de Vries, R. P., & Samson, R. A. (2014). Modern taxonomy of biotechnologically important *Aspergillus* and *Penicillium* species. En *Advances in Applied Microbiology* (pp. 199–249). Elsevier.
- Hussin, N. A., Yeo, F., & Lai, L. S. (2014). Morphology and general properties of fungi. <https://www.semanticscholar.org/paper/21ec69b5be20507ee52fa4e348b0ec5ce6775246>
- INSST. (2021, noviembre 16). Trichophyton spp. Portal INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/trichophyton-spp>
- ISA. (2023). Deshidratador de lodos con tornillos – ISA. Ingeniería y Servicios Ambientales. <https://isa.ec/deshidratador-de-lodos-con-tornillos/>
- Lenntech. (2023). Tipo de lodos. Lenntech.es. <https://www.lenntech.es/tipo-de-lodos.htm>
- López-Anchundia, E., Santana-Pachay, G., & Reyes-Solórzano, J. (2017). Optimización de la productividad en industrias pesqueras: artículo de revisión. *Revista científica multidisciplinaria arbitrada yachasun-ISSN: 2697-3456*, 1(1), 25-31.
- Mañunga, T., Gutiérrez, H. M., Rodríguez Victoria, J. A., & Villarreal Díaz, A. (2010).
- Mokobi, F. (2021, junio 16). Trichophyton spp- an overview. *Microbe Notes*; Sagar Aryal. <https://microbenotes.com/trichophyton-spp/>
- Mousavi, B., Hedayati, M. T., Hedayati, N., Ilkit, M., Syedmousavi, S., Invasive Fungi Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran, Invasive Fungi Research Center (IFRC), Department of Medical Mycology and Parasitology/ School of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Khazarabad Road, P.O. Box 48175-1665, Sari, Iran., Ramsar International Branch, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran, Division of Mycology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, University of Çukurova, Adana, Turkey, & Department of Medical Microbiology and Infectious Diseases, Erasmus MC, the Netherlands. (2016). *Aspergillus* species in indoor environments and their possible occupational and public health hazards. *Current Medical Mycology*, 2(1), 36–42. <https://doi.org/10.18869/acadpub.cmm.2.1.36>

- Pérez, D. (2021). Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad. <https://www.studocu.com/es-mx/document/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla/quimica-general/conductividad-electrica/13252609>
- Raghunath Reddy, P. (2013, julio 21). General properties of fungi. Slideshare.net. <https://www.slideshare.net/raghunathp/general-properties-of-fungi>
- Ramírez-González, S., Cruzata-Manuel, R., Zorrilla-Velazco, M., Jiménez-Prieto, Y., Pérez-Villar, M. M., Cruz-Bermúdez, Y., & Morera-Hernández, L. E. (2018). Cuantificación de los contenidos de nitrato en aguas de pozo y aguas residuales con el empleo de electrodos selectivos. *Revista cubana de química*, 30(1), 131–142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443557751011>
- RAMÍREZ, Restrepo, R., & Cardeñosa, M. (1999). Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. *FORMULACIONES. CT&F*, 1(5), 89–99. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0122-53831999000100008&script=sci_arttext
- Ricardo, L. (2010). Tratamientos avanzados para aguas residuales industriales – una revisión. *Boletín Semillas Ambientales*, 4(2), 15. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/9396/10617>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172–181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext
- Santiago Padilla, A. J., Cadena-Cadena, F., Arias-Moscoso, J. L., Meza-Ochoa, A. R., Torres-Velázquez, J. R., Reynaga-Franco, F. de J., Cuevas-Acuña, D. A., & Garzón-García, A. M. (2022). Aguas residuales de la industria pesquera: Retos y oportunidades en la recuperación de proteínas y péptidos con alto valor biológico y funcional- Una revisión. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.512>
- Sistema DAF: qué es y cómo funciona. (2021, junio 1). GC Tratamiento. <https://gctratamiento.mx/sistema-daf-como-funciona/>
- Suárez-Contreras, L.-Y., & Peñaranda-Figueroa, F.-A. (2022). Identificación molecular de hongos filamentosos y su potencial biotecnológico. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1), 194–206. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v20.n1.2022.1914>
- Su, X., Qin, L., & Dong, Z. (2014). RNAi-Mediated Gene Silencing in *Trichoderma*. En *Biotechnology and Biology of Trichoderma* (pp. 215–226). Elsevier.
- Teixeira Correia, G., Sánchez Ortiz, I. A., Gebara, D., Dall’Aglio Sobrinho, M., & Matsumoto, T. (2013). Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (67), 172-182.

- Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales. (2016, diciembre 12). SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales. <https://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/>
- Torrecilla, J. S. (2010). Phenolic compounds in Olive oil mill wastewater. En *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention* (pp. 357–365). Elsevier.
- Tratamiento de aguas residuales en industria de pescado y marisco. (2019, octubre 10). Condorchem Envitech. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-efluentes-fabrica-pescado-marisco/>
- Tratamiento de residuos de DQO generados en laboratorios de análisis ambientales. *Ingeniería e Investigación*, 30(2), 87–95. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64316114009>
- Zambrano-Alcívar, J., & Zambrano-Castro, L. (2020). Análisis de la industria atunera: Clúster, cadena de valor productiva y productividad. *593 Digital Publisher CEIT*, 5–1(5), 263–271. <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.5-1.358>
- Van Nieuwenhuijzen, E. J. (2014). *Aureobasidium*. En *Encyclopedia of Food Microbiology* (pp. 105–109). Elsevier.
- Villalobos Arámbula, Victor Manuel, Trujillo Arriaga, Francisco Javier, Ramírez, Francisco, & Santiago Martínez, Guillermo. (2015). *Fusarium spp. (Hypocreales: Nectriaceae) Podredumbre de raíces*. En *Gob.mx*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633031/Fusarium_spp_ma_z_2020.pdf
- Visagie, C. M., Houbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S.-B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K. A., Varga, J., Yaguchi, T., & Samson, R. A. (2014). Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 78(1), 343–371. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.001>
- Flores Murillo Roberto, López Ramírez Nohemí, Pedraza Segura Lorena, & Favela Torres Ernesto. (2015). Fisiología de crecimiento de *G. candidum* en fermentación en medio sólido. *Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México D.F.*
- H.L Barnett, & Barry B. Hunter. (1974). *Illustrated genera of Imperfect Fungi*.
- Honarjooy Barkusaraey, F., Mafigholami, R., Faezi Ghasemi, M., & Khayati, G. (2020). Isolation and Identification of Resistant Microorganisms from Automotive Paint Sludge. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 12(2). <https://doi.org/10.5812/jjhs.101226>
- Koňuchová, M., & Valík, L. (2021). Modelling the radial growth of *geotrichum candidum*: Effects of temperature and water activity. *Microorganisms*, 9(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030532>
- Krogsh, N., Olsen, J., Jensen, B., & Reeslev, M. (1998). Uptake of Zn²⁺ by yeast and mycelial growth form of *Aureobasidium pullulans* grown in chemostat culture. *FEMS Microbiology Letters*, 163(2), 249–253. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1998.tb13053.x>
- López¹, W. C., Carrera Sanchez¹, K., Lidcay, F., Isla², H., & Santana², R. C. (2018). *Identificación de aislados de Fusarium spp. asociados a Solanum quitoense Lam en Pastaza, Ecuador*. 45(4), 5–11. <http://cagricola.uclv.edu.cu>

- Ochoa, J. L., Ochoa-Alvarez, N., Guzmán-Murillo, M. A., Hernandez, S., & Ascencio, F. (2017). Isolation and risk assessment of *Geotrichum* spp. in the white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) from culture ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 755–765. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-14>
- Perkins, V., Vignola, S., Lessard, M. H., Plante, P. L., Corbeil, J., Dugat-Bony, E., Frenette, M., & Labrie, S. (2020). Phenotypic and Genetic Characterization of the Cheese Ripening Yeast *Geotrichum candidum*. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00737>
- Punnapayak, H., Sudhadham, M., Prasongsuk, S., & Pichayangkura, S. (2003). Characterization of *Aureobasidium pullulans* isolated from airborne spores in Thailand. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30(2), 89–94. <https://doi.org/10.1007/s10295-002-0016-y>
- Quiviera. (2009). *Análisis Básico del Reuso de Lodos Residuales de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Suelos de Pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca*. 11, 35–51.
- Raja, M., Praveena, G., & William, S. J. (2017). Isolation and Identification of Fungi from Soil in Loyola College Campus, Chennai, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(2), 1789–1795. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.200>
- Rojas Barreto, J. A., & Anaguano, A. H. (2014). Evaluación del crecimiento y compatibilidad de hongos de la podredumbre blanca Evaluation of Growth and Compatibility of white Rot Fungi. In *Revista Ciencia en Desarrollo* (Vol. 5, Issue 2).
- Tartabini, M. L., Bonino, G. S., Racca, L., & Luque, A. G. (2013). MICROBIOLOGÍA. In *Rev Argent Microbiol* (Vol. 45, Issue 4). www.elsevier.es/ram
- Zakaria, L., Foong, M. K., Hsuan, M., Zakaria, M., & Salleh, B. (2010). *Fusarium* Species Isolated from Mangrove Soil in Kampung Pantai Acheh, Balik Pulau, Pulau Pinang, Malaysia. In *Tropical Life Sciences Research* (Vol. 21, Issue 1).
- Sourav, B. (2023, mayo 13). Trichophyton Spp - Morfología, ciclo de vida, patogenia. *Microbiology Note – Online Biology Notes*. <https://microbiologynote.com/es/trichophyton-spp-morfolog%C3%ADa-ciclo-de-vida-patogenia/>
- Mohamed, G. A., & Ibrahim, S. R. M. (2021). Untapped potential of marine-associated cladosporium species: An overview on secondary metabolites, biotechnological relevance, and biological activities. In *Marine Drugs* (Vol. 19, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/md19110645>
- Tamires Alves Silva, L., Soares de Oliveira, T. M. F., Mota Marinho, B., Pasin, T. M., Lee Nelson, D., Meira Pires, J. R. de, & Benassi, V. M. (2022). Isolation of High Amylase-producing Filamentous Fungi from the Caatinga: Standardization of the Culture Conditions and Amylase Activity from *Penicillium* sp. L1. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 1–15. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2022/v10i130211>
- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*.
- Arnaud. (2002). *Aureobasidium pullulans*. *Rev Iberoam Micology*.
- Asaff, A. (2007). *CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS*.

- Cheng, K. C., Demirci, A., & Catchmark, J. M. (2011). Evaluation of medium composition and fermentation parameters on pullulan production by *Aureobasidium pullulans*. *Food Science and Technology International*, 17(2), 99–109. <https://doi.org/10.1177/1082013210368719>
- Eliskases-Lechner F. (2002). *Geotrichum candidum*. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Elsevier, 1229–1234.
- Fakhru'l-Razi, A., Zahangir Alam, M., Idris, A., Abd-Aziz, S., & Molla, A. H. (2002). Filamentous fungi in Indah Water Konsortium (IWK) sewage treatment plant for biological treatment of domestic wastewater sludge. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 37(3), 309–320. <https://doi.org/10.1081/ESE-120002830>
- Flores Murillo Roberto, López Ramírez Nohemí, Pedraza Segura Lorena, & Favela Torres Ernesto. (2015). Fisiología de crecimiento de *G. candidum* en fermentación en medio sólido. *Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México D.F.*
- H.L Barnett, & Barry B. Hunter. (1974). *Illustrated genera of Imperfect Fungi*.
- Honarjooy Barkusaraey, F., Mafigholami, R., Faezi Ghasemi, M., & Khayati, G. (2020). Isolation and Identification of Resistant Microorganisms from Automotive Paint Sludge. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 12(2). <https://doi.org/10.5812/jjhs.101226>
- Ibrahim, S. R. M., Sirwi, A., Eid, B. G., Mohamed, S. G. A., & Mohamed, G. A. (2021). Bright Side of *Fusarium oxysporum*: Secondary Metabolites Bioactivities and Industrial Relevance in Biotechnology and Nanotechnology. *Industrial Relevance in Biotechnology and Nanotechnology. J. Fungi*, 7. <https://doi.org/10.3390/jof711>
- Koňuchová, M., & Valík, L. (2021). Modelling the radial growth of *geotrichum candidum*: Effects of temperature and water activity. *Microorganisms*, 9(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030532>
- Krogh, N., Olsen, J., Jensen, B., & Reeslev, M. (1998). Uptake of Zn²⁺ by yeast and mycelial growth form of *Aureobasidium pullulans* grown in chemostat culture. *FEMS Microbiology Letters*, 163(2), 249–253. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1998.tb13053.x>
- López¹, W. C., Carrera Sanchez¹, K., Lidcay, F., Isla², H., & Santana², R. C. (2018). *Identificación de aislados de Fusarium spp. asociados a Solanum quitoense Lam en Pastaza, Ecuador*. 45(4), 5–11. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Mohamed, G. A., & Ibrahim, S. R. M. (2021). Untapped potential of marine-associated cladosporium species: An overview on secondary metabolites, biotechnological relevance, and biological activities. In *Marine Drugs* (Vol. 19, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/md19110645>
- Nguyen, T. T. T., Jeon, Y. J., Mun, H. Y., Goh, J., Chung, N., & Lee, H. B. (2020). Isolation and Characterization of Four Unrecorded *Mucor* Species in Korea. *Mycobiology*, 48(1), 29–36. <https://doi.org/10.1080/12298093.2019.1703373>
- Ochoa, J. L., Ochoa-Alvarez, N., Guzmán-Murillo, M. A., Hernandez, S., & Ascencio, F. (2017). Isolation and risk assessment of *Geotrichum* spp. in the white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) from culture ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 755–765. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-14>

- Perkins, V., Vignola, S., Lessard, M. H., Plante, P. L., Corbeil, J., Dugat-Bony, E., Frenette, M., & Labrie, S. (2020). Phenotypic and Genetic Characterization of the Cheese Ripening Yeast *Geotrichum candidum*. *Frontiers in Microbiology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00737>
- Punnapayak, H., Sudhadham, M., Prasongsuk, S., & Pichayangkura, S. (2003). Characterization of *Aureobasidium pullulans* isolated from airborne spores in Thailand. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, *30*(2), 89–94. <https://doi.org/10.1007/s10295-002-0016-y>
- Quiviera. (2009). *Análisis Básico del Reuso de Lodos Residuales de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Suelos de Pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca*. *11*, 35–51.
- Raja, M., Praveena, G., & William, S. J. (2017). Isolation and Identification of Fungi from Soil in Loyola College Campus, Chennai, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(2), 1789–1795. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.200>
- Rojas Barreto, J. A., & Anaguano, A. H. (2014). Evaluación del crecimiento y compatibilidad de hongos de la podredumbre blanca Evaluation of Growth and Compatibility of white Rot Fungi. In *Revista Ciencia en Desarrollo* (Vol. 5, Issue 2).
- Solera Jiménez, Villalobos Federico, Adriana Rodríguez, & Soto Vargas, B. (2009). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PROTEASAS EN DOS CEPAS DE MUCOR SP. POR FERMENTACIÓN SUMERGIDA EMPLEANDO DOS TIPOS DE MEDIO DE CULTIVO*.
- Tamires Alves Silva, L., Soares de Oliveira, T. M. F., Mota Marinho, B., Pasin, T. M., Lee Nelson, D., Meira Pires, J. R. de, & Benassi, V. M. (2022). Isolation of High Amylase-producing Filamentous Fungi from the Caatinga: Standardization of the Culture Conditions and Amylase Activity from *Penicillium* sp. L1. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 1–15. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2022/v10i130211>
- Tartabini, M. L., Bonino, G. S., Racca, L., & Luque, A. G. (2013). MICROBIOLOGÍA. In *Rev Argent Microbiol* (Vol. 45, Issue 4). www.elsevier.es/ram

Anexos

Anexo 1. Resultados del software estadístico InfoStat

Tasa de crecimiento para *Aureobasidium* sp.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Tasa crecimiento radial	9	11,99	6,41	0,86	0,1648

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Tasa crecimiento radial	Aureobasidium-MBM	3	4,13	2,52	5,55	7,20	0,0036
Tasa crecimiento radial	Aureobasidium-SDA	3	18,13	0,85	18,62		
Tasa crecimiento radial	Aureobasidium-SDANaCL	3	13,71	1,96	13,88		

Fuente: Las autoras,2023

Anexo 2. Mediciones diarias de los hongos aislados *Aureobasidium* sp. y *Geotrichum* sp.

Repeticiones	Hongos+ medio de cultivo	Día 1	Día 2	Día 3	Tasa de crecimiento radial
1	Aureobasidium sp- SDA	6,76	43,00	44,00	18,62
2	Aureobasidium sp- SDA	7,26	43,00	44,50	18,62
3	Aureobasidium sp - SDA	10,20	47,00	44,50	17,15
4	Aureobasidium sp- SDANaCL	10,24	36,61	38,00	13,88
5	Aureobasidium sp- SDANaCL	8,34	38,10	39,50	15,58
6	Aureobasidium sp- SDANaCL	11,67	33,76	35,00	11,67
7	Aureobasidium sp- MBM	1,41	5,47	12,50	5,55

8	Aureobasidium sp-MBM	0,75	5,56	12,00	5,63
9	Aureobasidium sp-MBM	2,47	4,91	4,91	1,22
10	Geotrichum-SDA	8,87	26,00	34,30	12,72
11	Geotrichum-SDA	7,57	24,00	35,00	13,72
12	Geotrichum-SDA	7,23	25,00	35,00	13,89
13	Geotrichum spp-SDANaCl	5,86	19,49	35,00	14,57
14	Geotrichum-SDANaCl	5,86	20,45	42,00	18,07
15	Geotrichum-SDANaCl	6,46	20,32	35,00	14,27
16	Geotrichum-MBM	3,41	12,35	32,50	14,55
17	Geotrichum spp-MBM	3,37	12,89	32,00	14,32
18	Geotrichum-MBM	3,52	13,45	32,00	14,24

Anexo 3. Resultados del software estadístico InfoStat

Tasa de crecimiento para *Geotrichum* spp.

Shapiro-Wilks (modificado)

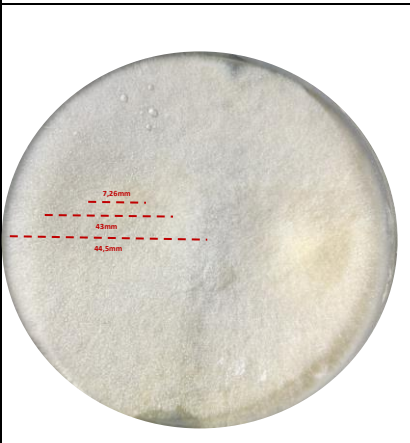

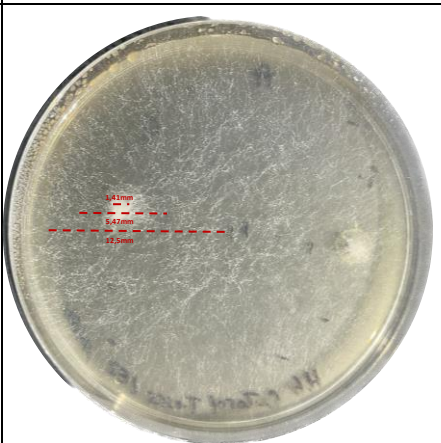
Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
Tasa de crecimiento	9	14,48	1,46	0,78	0,0147

Prueba de Kruskal Wallis

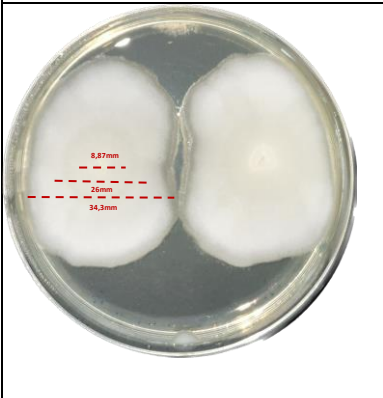
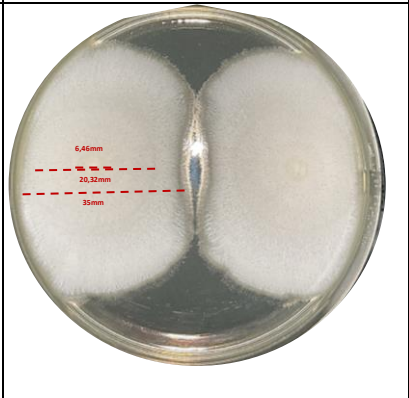

Variable	Columnal	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Tasa de crecimiento	Geotrichum-MBM	3	14,37	0,16	14,32	5,96	0,0250
Tasa de crecimiento	Geotrichum-SDA	3	13,44	0,63	13,72		
Tasa de crecimiento	Geotrichum-SDANaCl	3	15,64	2,11	14,57		

Fuente: Las autoras, 2023

Anexo 4. Medición de diámetro de cultivo fúngico en función de los días

<i>Aureobasidium</i> sp. Medio SDA	<i>Aureobasidium</i> sp. Medio SDA+NaCL	<i>Aureobasidium</i> sp. Medio MBM
		

Anexo 5. Medición de diámetro de cultivo fúngico en función de los días

<i>Geotrichum</i> sp. Medio SDA	<i>Geotrichum</i> sp. Medio SDA+NaCL	<i>Geotrichum</i> sp. Medio MBM
		

Anexo 6. Reactivos usados para desarrollar la metodología

KIT FOSFATO TOTAL



KIT DQO RA



KIT NITROGENO TOTAL



NITRITO & NITRATO

