



Universidad **Mariana**

Análisis de variables determinantes en la variación de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* del vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto

José Roberto Muñoz Cabrera

Angela Daniela Rosero López

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

San Juan de Pasto

2024

Análisis de variables determinantes en la variación de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* del vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto

José Roberto Muñoz Cabrera

Angela Daniela Rosero López

Informe de investigación para optar al título de: Ingenieros Ambientales

Mg. Juan Carlos Narváez Burgos

Asesor

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son
responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Agradecimientos

Nos llena de gran satisfacción alcanzar este tan esperado hito en nuestras vidas, un logro que ha sido posible gracias al esfuerzo y dedicación de cuatro años. En primer lugar, agradecemos a Dios por las oportunidades y bendiciones que han iluminado nuestro camino. Seguidamente, queremos expresar nuestra profunda gratitud a todas las personas que nos han respaldado a lo largo de este viaje. Reconocemos el valioso apoyo brindado por los docentes y el personal de las instalaciones de la Universidad Mariana, su orientación y asistencia han sido fundamentales para nuestro progreso. Además, agradecemos a nuestro asesor Mg. Juan Carlos Narváez por su invaluable orientación y apoyo en este proyecto. Por otra parte, extendemos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Mariana por proporcionarnos el espacio, los recursos y el entorno educativo necesario para llevar a cabo nuestra investigación de manera exitosa. Su compromiso con la excelencia académica ha sido una fuente constante de inspiración.

Dedicatoria

Este trabajo de grado está dedicado en primer lugar a Dios por permitirme culminar este proceso de formación como profesional, a mi familia, mis padres María Cabrera e Ignacio Muñoz quienes me brindaron su apoyo incondicional para cumplir este sueño; a mis hermanos que siempre han estado presentes en cada paso que doy. Y para finalizar, a amigos y demás personas que conocí e hicieron parte de este proceso de formación.

-José Roberto Muñoz Cabrera.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, Omayra López y Jairo Rosero, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido los pilares fundamentales que han guiado mi camino hacia este logro. Su constante aliento y ejemplo de dedicación han sido mi mayor inspiración. A mis hermanos, Vanessa Rosero y Rafael Rosero, quienes han compartido conmigo risas, lágrimas y momentos inolvidables. Su complicidad y cariño han sido un refugio en los momentos difíciles y una fuente de alegría en los triunfos. A Jo, quien ha sido mi apoyo incondicional en cada paso de este camino. Con gratitud infinita, le dedico este logro, pues su amor ha sido mi mayor motivación para alcanzar mis metas. Agradezco también a mis amigos, quienes han sido como una familia extendida para mí. Sus palabras de aliento, su compañerismo y su presencia han enriquecido cada paso de este camino académico. A todos ustedes, amigos y familia, que han estado presentes en este viaje, les agradezco de todo corazón por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Este logro no hubiera sido posible sin ustedes. ¡Este trabajo es también para ustedes, con todo mi cariño y gratitud!

-Angela Daniela Rosero López

Tabla de Contenido

Introducción	13
1. Resumen del Proyecto.....	14
1.1. Descripción del Problema	15
1.2. Formulación del Problema	16
1.3. Hipótesis.....	17
1.4. Justificación.....	17
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos.....	19
1.6. Marco Referencial o Fundamentos Teóricos	19
1.6.1. Agua Residual.....	19
1.6.2. Agua Residual Hospitalaria	19
1.6.3. Contaminación del Agua.....	20
1.6.4. Efluente.....	20
1.6.5. Microorganismo.....	20
1.6.6. Las Especies de Candida.....	20
1.6.7. Candidemia	20

1.6.8.	Candida Auris	20
1.6.9.	Agar.....	21
1.6.10.	Colonia	21
1.6.11.	Unidades Formadoras de Colonias.....	21
1.6.12.	Temperatura	21
1.6.13.	Sólidos Suspendidos Totales.....	21
1.6.14.	Sólidos Volátiles	22
1.6.15.	Potencial de Hidrógeno (pH)	22
1.7.	Antecedentes	22
1.7.1.	Internacionales.....	22
1.7.2.	Nacionales.....	23
1.8.	Marco Contextual.....	23
1.9.	Marco Legal	25
1.10.	Metodología	25
1.10.1.	Enfoque de Investigación	25
1.10.2.	Tipo de Investigación	25
1.10.3.	Población y Muestra / Unidad de Trabajo y Unidad de Análisis	25
1.10.4.	Técnica e Instrumentos de Recolección de Información	26
1.10.4.1.	Muestra Intencional	26

1.10.4.2.	Lectura Ph y Temperatura	26
1.10.4.3.	Determinación de Sólidos.....	26
1.10.4.4.	Identificación de Candida Auris Mediante el Chromagar	26
1.10.4.5.	Análisis y procesamiento de la información.....	28
2.	Presentación de Resultados y Discusión.....	29
2.1.	Caracterización Fisicoquímica	29
2.2.	Caracterización Microbiológica	38
2.3.	Correlación De Variables	49
3.	Conclusiones	55
4.	Recomendación.....	57
	Referencias Bibliográficas.....	58
	Anexos	68

Índice de Tablas

Tabla 1 Aspecto típico de las colonias de <i>Candida</i>	27
Tabla 2 Promedio de pH y temperatura	30
Tabla 3 Sólidos totales, volátiles y fijos totales	34
Tabla 4 Resumen del test de normalidad de Shapiro Wilk	50
Tabla 5 Resultados del test de Kruskal Wallis entre jornadas	50

Índice de Figuras

Figura 1	Mapa sitio de estudio.....	24
Figura 2	Temperatura 4 días de muestreo.....	31
Figura 3	pH 4 días de muestreo	33
Figura 4	Evaporación de muestras para determinación de sólidos	35
Figura 5	Sólidos totales 4 días de muestreo.....	36
Figura 6	Sólidos volátiles 4 días de muestreo.....	37
Figura 7	Crecimiento de las colonias C. auris	38
Figura 8	Visualización colonias C. auris azul.....	39
Figura 9	Crecimiento de las colonias C. albicans	40
Figura 10	Visualización colonias C. albicans.....	41
Figura 11	Crecimiento de las colonias C. tropicalis	42
Figura 12	Visualización colonias C. tropicalis	43
Figura 13	Crecimiento de las colonias C. glabrata	44
Figura 14	Visualización colonias C. glabrata	45
Figura 15	Crecimiento de las colonias C. krusei	46
Figura 16	Visualización colonias C. Krusei	47
Figura 17	Crecimiento de las colonias C. auris blanco.....	48
Figura 18	Visualización colonias C. auris blanco.....	49

Figura 19 Matriz de correlaciones mediante el método Spearman..... 52

Introducción

Este trabajo de grado tiene como objetivo evaluar las variables determinantes en la variación de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* en el vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto; ya que en este colector se pueden derivar aguas hospitalarias de interés para el estudio. La importancia de este estudio radica en la necesidad de comprender el comportamiento de este patógeno multirresistente en diferentes condiciones ambientales, lo que puede ayudar a prevenir su propagación y reducir el riesgo de infección en la población.

La presencia de *Candida auris*, un hongo multirresistente y patógeno emergente, representa un desafío significativo para la salud pública en entornos urbanos como el vertimiento del colector circular Pedagógico en San Juan de Pasto. Según (González Ortega, 2021), este hongo es resistente a desinfectantes comunes y puede adaptarse a diversas condiciones ambientales. Además, la variabilidad en la sensibilidad antifúngica de *Candida auris* entre regiones del país ha sido documentada por (Alemán, 2018). Los resultados de la investigación realizada por Steffen et al. (2022) sugieren que mantener parámetros ambientales adecuados puede ser crucial para prevenir la propagación de este patógeno y proteger la salud de la población en entornos urbanos como San Juan de Pasto

En síntesis, la importancia de este estudio radica en su contribución al avance del campo de la microbiología y la salud pública, así como en su aplicación práctica en la gestión de los vertimientos de aguas residuales y la prevención de la contaminación ambiental.

1. Resumen del Proyecto

La investigación se llevó a cabo en el vertimiento del colector circular Pedagógico en la ciudad de San Juan de Pasto y se centró en la evaluación de las variables determinantes en la variación de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* en dicho vertimiento. Los valores de pH, temperatura, sólidos totales y sólidos volátiles fueron evaluados para determinar la relación existente entre estas variables y la variación de la presencia de *Candida auris* en el vertimiento.

Los objetivos específicos incluyeron identificar las variables ambientales que influyen en la supervivencia y adaptación de *Candida auris*, evaluar la concentración de *Candida auris* en la descarga del colector y correlacionar las variables ambientales con la concentración de *Candida auris*. Se identificó que las lecturas de temperatura tomadas durante los días de muestreo se encontraron en un rango de 15,19 °C y 16,81 °C. los valores de pH entre 7,87 y 8,69, los sólidos totales se encontraron entre 285,33 mg/L y 1533,33 mg/L y los sólidos volátiles se encontraron entre 184,00 mg/L y 925,33 mg/L.

Los resultados de la investigación indican que la temperatura es la variable fisicoquímica más determinante en la variación de unidades formadoras de colonias de *Candida auris*. Además, se encontró una alta concentración de colonias de diferentes especies de *Candida* en las aguas residuales estudiadas, lo que representa un riesgo ambiental significativo.

1.1. Descripción del Problema

Candida es un género de hongos unicelulares de la familia de los sacaromicetos, este hongo se encuentra en la microbiota de los sistemas respiratorios, genitourinarios, gástricos e intestinales. De este modo, en hospedadores inmunocomprometidos se convierte en un patógeno fúngico emergente, causante de infecciones y muertes (Panizo, 2001).

Ahora bien, *Candida auris* fue descubierta por primera vez en 2009 en el Hospital Metropolitano de Tokio después de ser aislado del canal auditivo en una paciente de 70 años (Lee et al., 2011). De manera que, las infecciones fúngicas por *Candida auris* fueron expandiéndose a lo largo del mundo. Por su parte, el primer brote en el continente americano tuvo lugar en Venezuela en el 2012, seguido de Colombia en 2015, Estados Unidos en 2016, Panamá y Canadá en 2017, Chile y Costa Rica en 2019. (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

Dicho lo anterior, *Candida auris* es un patógeno multirresistente a medicamentos antimicóticos, causante de una serie de infecciones invasivas en el torrente sanguíneo, sistema nervioso central y en general en los órganos internos.

Inicialmente, este patógeno fue un hongo ambiental que se encontraba en humedales, sin embargo, debido al cambio climático *Candida auris* logró adaptarse a temperaturas más altas a las cuales no pueden sobrevivir muchos otros microorganismos. Lo cual, le facilitó a este patógeno atravesar la barrera térmica del ser humano (Christensen, 2019). Ahora bien, este hongo multiresistente es capaz de sobrevivir y adaptarse a diferentes condiciones en el aire, del agua y diferentes superficies (celulosa, acero y plástico). Lo que es aún más preocupante, *Candida auris* además de resistirse a medicamentos antifúngicos, también es resistente ante desinfectantes comunes de los entornos sanitarios (Zatorska et al., 2021).

Es importante señalar que, *Candida auris* suele hallarse con frecuencia en ambientes hospitalarios, sobre todo en zonas donde se concentran pacientes críticamente enfermos y en unidades de cuidados intensivos (Martinez et al., 2021). Asimismo, se ha observado su presencia en instalaciones de atención médica a largo plazo, como residencias de ancianos. Además, tiene la capacidad de permanecer viable en superficies y dispositivos médicos hospitalarios, así como en el entorno general del hospital, lo que facilita su propagación y supervivencia (Rhodes & Fisher, 2019).

En este contexto, surge una preocupación añadida al analizar el vertimiento del colector circular Pedagógico que contiene aguas residuales de un Hospital, puesto que, la carencia de un sistema de tratamiento adecuado para sus aguas residuales no solo subraya una amenaza inminente para la salud pública, sino que también destaca una urgencia apremiante en el abordaje de esta problemática. Es crucial reconocer que, en particular, las aguas residuales hospitalarias albergan una elevada carga microbiológica, representada por la presencia creciente de organismos patógenos como *Candida auris* ya que la disposición no controlada de estas aguas residuales, con su carga microbiológica sin tratar, aumenta el riesgo de contaminación ambiental y propagación de agentes patógenos.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la variable determinante en la variación de unidades formadoras de colonias de *Candida auris* en el vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto?

1.3. Hipótesis

La temperatura es la variable determinante en la variación de unidades formadoras de colonia de *Candida auris* en el vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto.

1.4. Justificación

Candida auris es un hongo emergente que apareció en Japón en el año 2009 y que últimamente ha tomado fuerza, ya que se han reportado casos de infectados en países de América como Estados Unidos, México, Panamá, Venezuela y Colombia (Paucar-Miranda et al., 2021).

Según (Steffen et al., 2022) esta especie de *Candida* ha sido responsable de brotes de infecciones en todo el mundo y algunas especies de levaduras, incluyendo *Candida*, se han asociado previamente con aguas residuales y agua contaminada con aguas residuales. Así mismo, en cuanto a afecciones refiere, la Organización panamericana de la salud (2021) y el (Instituto Nacional de Salud, s. f.) emitieron un comunicado en el que se advierte del problema para la salud pública que representa *Candida auris*, mencionando dificultades en la detección de esta y protocolos de seguridad.

Aquí vale la pena mencionar que, en Colombia, según el (Instituto Nacional de Salud, s. f.) los casos de *Candida auris* reportados se han registrado en Santa Marta, Barranquilla y Cartagena ubicados al norte del país con temperaturas entre 23 y 35°C Aproximadamente.

Esta y otras variables como la humedad relativa pueden ser de vital importancia para la colonización y desarrollo de este hongo ya que según Ortíz-Catón et al. (2011) a temperaturas mayores a 26°C y humedades entre 81 y 92%, la actividad biológica de algunas cepas de hongos

fue mayor. Cabe aclarar que para el hongo *Candida auris* no se han establecido en qué condiciones se puede desarrollar de mejor manera.

Del mismo modo (Steffen et al., 2022) menciona que cuando las condiciones ambientales no son óptimas para la supervivencia del huésped, su susceptibilidad a los agentes infecciosos aumenta. En otras palabras, la teoría establece que los desajustes térmicos pueden aumentar la vulnerabilidad de los huéspedes a las infecciones, lo que para *Candida auris* podría suponer una oportunidad de colonización ya que se ha encontrado evidencia de ésta en condiciones anaerobias y también con concentraciones elevadas de sal.

Al respecto conviene decir que esta investigación puede aportar información importante en primer lugar acerca del comportamiento del hongo *Candida auris* con la variación de parámetros como SV, SST, pH y temperatura antes de ser depositadas en una fuente superficial; siendo este un gran aporte para el conocimiento científico debido a que actualmente estos microorganismos no están contemplados en la resolución 0631 de 2015. De ese modo, mantener en un margen adecuado estos parámetros puede evitar la propagación de este patógeno a otros ambientes.

En segundo lugar, este estudio proporciona información valiosa en un entorno diferente como el del agua residual debido a que la mayoría de estudios se encuentran dirigidos a los pacientes afectados por este hongo y no a los medios en donde se puede desarrollar y transportar. En este sentido, el último aporte está dirigido a la salud pública, ya que se genera una base para controlar el crecimiento de las especies estudiadas y mantener a la población sin riesgo de una posible infección.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la variable determinante en la variación de unidades formadoras de colonias de *Candida auris* en el vertimiento del colector circular Pedagógico, en la ciudad de San Juan de Pasto.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente las aguas provenientes del vertimiento del colector circular Pedagógico
- Diagnosticar el comportamiento microbiológico en las aguas provenientes del vertimiento del colector circular Pedagógico
- Analizar la correlación entre las variables fisicoquímicas y el número de unidades formadoras de colonias de *Candida auris*.

1.6. Marco Referencial o Fundamentos Teóricos

1.6.1. Agua Residual

Son aquellas aguas que han sido alteradas de manera negativa por acción humana.

1.6.2. Agua Residual Hospitalaria

Son aquellas originarias de instalaciones médicas, como hospitales, clínicas, entre otros entornos sanitarios que incluyen una alta concentración de compuestos peligrosos, como medicamentos vencidos, productos químicos de limpieza, desinfectantes y elementos radioactivos, además de microorganismos resistentes a tratamientos farmacológicos y de desinfección. (Verlicchi et al., 2010).

1.6.3. Contaminación del Agua

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. (Guadarrama Tejas et al., 2016)

1.6.4. Efluente

Líquido residual que es liberado al ambiente (Andrade Rosas & Castro Cañon, 2017).

1.6.5. Microorganismo

Aquel organismo que únicamente puede ser visualizado con la ayuda de un microscopio (Torres Martinez, 2011).

1.6.6. Las Especies de *Candida*

Son microorganismos eucariotas pertenecientes al reino fungí, que en condiciones normales hace parte de la microbiota de los sistemas genitourinarios, respiratorios y gástricos del ser humano. No obstante, en hospedadores inmunocomprometidos causa infecciones invasivas comprometiendo los riñones, el corazón, el cerebro, el torrente sanguíneo y en general la totalidad del cuerpo. (Khaled et al., 2023)

1.6.7. *Candidemia*

Infección invasiva nosocomial por levaduras de la familia *Candida* en el torrente sanguíneo, causante de la muerte del hospedador. (Díaz et al., 2020)

1.6.8. *Candida Auris*

Hongo ascomiceto perteneciente al género *Candida*, es un patógeno emergente multirresistente a medicamentos antifúngicos, que fue descubierto por primera vez en 2009 en Japón. Por su parte,

esta levadura es causante de infecciones invasivas con alta tasa de mortalidad. (Rowlands et al., 2023)

1.6.9. Agar

El agar es un polisacárido, compuesto principalmente por agarosa y agarpectina, obtenido de las paredes de algas del tipo Rhodophyta. (Villalobos et al., 2007)

1.6.10. Colonia

Agrupación de microorganismos que pueden ser fácilmente observables sobre la superficie de un medio sólido. (Efraín Armenta, 2020)

1.6.11. Unidades Formadoras de Colonias

Es una unidad de medida utilizada para cuantificar el número de células bacterianas o fúngicas viables en una muestra. (Valenzuela, 2022)

1.6.12. Temperatura

Es importante determinar correctamente la temperatura para el funcionamiento de diferentes etapas de tratamiento y análisis de laboratorio. Usualmente la temperatura en aguas residuales hospitalarias e industriales son más elevadas que la temperatura de aguas residuales domésticas, sin embargo, influye la estación del año. (Muñoz Cruz, 2008)

1.6.13. Sólidos Suspendidos Totales

Hacen referencia al material particulado que se encuentra en suspensión en corrientes de agua superficial y/o residual. (CAN, 2005).

1.6.14. Sólidos Volátiles

Los sólidos que se desprenden durante la incineración a 550 °C, ya sea en agua u otro líquido. (Términos S, 2023)

1.6.15. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es una medida para determinar la alcalinidad y acidez. El rango se encuentra entre 0-14 siendo valores inferiores a 7 agua ácida, valores superiores a 7 agua alcalina y valor igual a 7 es agua neutra. («pH del Agua», s. f.)

1.7. Antecedentes

1.7.1. Internacionales.

Desde su aparición en 2009, *Candida auris* ha sido estudiada en diferentes ámbitos en varios países alrededor del mundo con resultados significativos para este trabajo, como la información obtenida en el trabajo de grado llamado “*Candida auris*, nuevo hongo patógeno multirresistente” en donde se describe la persistencia en el entorno nosocomial y la colonización de la piel como factores que contribuyen a la transmisión de este hongo haciendo énfasis en que diferentes pruebas científicas han demostrado que permanece por al menos dos semanas en superficies e instrumentos hospitalarios hasta en condiciones ambientales de sequedad y temperaturas mayores a 40°C pero presenta dificultad para desarrollarse en ambientes muy ácidos lo que indica que su gran adaptabilidad a varios ambientes en rangos de temperatura posiblemente amplios; del mismo modo, se ha encontrado que desinfectantes comunes como el ácido peracético, el hipoclorito de sodio y los compuestos de amonio cuaternario son resistidos por este hongo González (2021).

Al mismo tiempo Ruiz (2019), menciona que: “La limpieza y desinfección del entorno de las personas afectadas debe realizarse mediante la técnica de arrastre dos veces al día, por lo menos” (p52), Para lo cual se mencionan técnicas como el uso de luz ultravioleta y peróxido de hidrógeno vaporizado, el mismo autor describe una transmisión de *Candida auris* en un brote de una UCI del hospital universitario de Oxford que estaba relacionado con el uso de termómetros reutilizados y pulsioxímetros, confirmando la permanencia prolongada del hongo en las superficies.

1.7.2. Nacionales.

En Colombia, se ha evidencia que existe variabilidad de sensibilidad antifúngica de *Candida auris* entre regiones del país, encontrando cepas sensibles a antifúngicos comunes, lo que podría suponer un control parcial de este hongo (Alemán, 2018); En conjunto con el acoplamiento a las medidas de prevención y control de infecciones como el lavado de manos, estrategias de limpieza y desinfección y el uso adecuado de elementos de protección personal (Ortiz Roa, 2023)

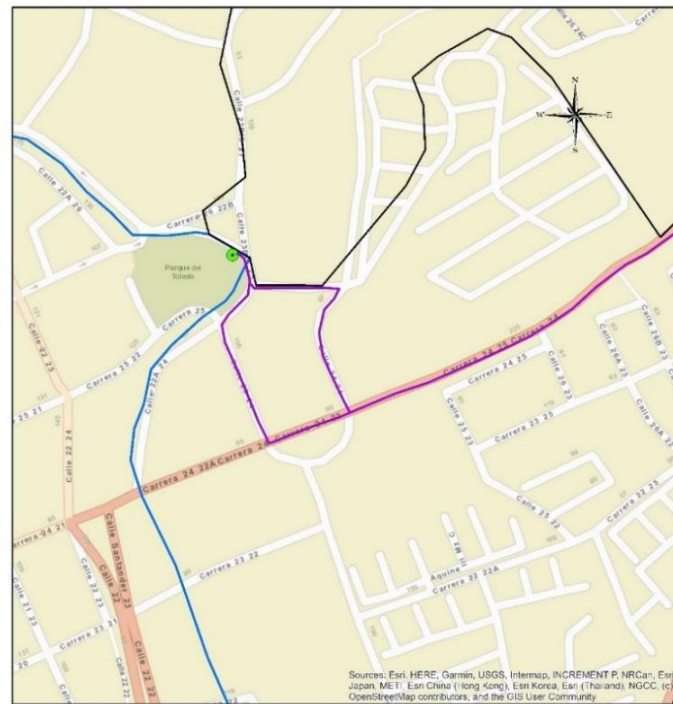
1.8.Marco Contextual

Este estudio se desarrolla en la ciudad de San Juan de Pasto, Nariño-Colombia; la ciudad se encuentra a una altitud de 2.527 metros sobre el nivel del mar, la temperatura promedio anual de la ciudad es de 14.5 °C Zambrano et al. (2018) y cuenta con una población de 352326 habitantes (Dane, 2018). En esta ciudad, en el sector conocido como Dos puentes, existe un colector el cual reúne las aguas residuales del barrio Corazón de Jesús, Aranda, nuevo Sol entre otros (Corponariño, 2011), del cual serán recolectadas las muestras requeridas y cuyo proceso observacional y de análisis de resultados obtenidos se llevará a cabo entre los periodos 2023 a 2024.

Del mismo modo al obtener la información que se ha seleccionado como importante para el desarrollo de la investigación, se llevarán a cabo los análisis de laboratorio en las instalaciones de la sede Alvernia de la Universidad Mariana, la cual cuenta con los equipos necesarios para el procesamiento de la información de manera se sea de utilidad para el análisis de los resultados obtenidos.

Figura 1

Mapa sitio de estudio



Ubicación del colector sector Pedagógico - Dos Puentes, Pasto-Nariño	Convenciones TIPO VÍA 1 3 4 5 6 7 Curvas de Nivel Ríos	Sistema Referencia Horizontal COIL Elaborado por: Jose Muñoz Angela Rosero Abril de 2024 Mapa N° 1	Leyenda Recorrido Hidráulico COLECTOR CIRCULAR	
 Universidad Mariana Facultad de Ingeniería Programa de Ing. Ambiental				0 0.04 0.08 0.16 Km Escala 1:5000

1.9. Marco Legal

Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

1.10. Metodología

1.10.1. Enfoque de Investigación

El enfoque por utilizar en la investigación es mixto, ya que se recopilará y analizará información cuantitativa como cualitativa para tener mejores resultados en la correlación de las variables.

1.10.2. Tipo de Investigación

Esta investigación será de tipo observacional-correlacional, debido a que no se manipularon las variables, simplemente se observará y hará el registró a lo largo de 7 meses.

1.10.3. Población y Muestra / Unidad de Trabajo y Unidad de Análisis

La población sobre la cual se realizará la investigación es el caudal del vertimiento generado a la salida del colector, ya que este reúne las aguas residuales de interés. Esta medición se realizará con tres repeticiones y se recolectará una muestra en un recipiente de 2000 ml para el análisis fisicoquímico.

1.10.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Información

1.10.4.1. Muestra Intencional

Este método se empleó en la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica del vertimiento; se recolectó una muestra de 2000 ml en un lapso de 1 hora en la cual se tomaron 7 alícuotas de 285 ml aproximadamente.

Se realizaron un total de 4 campañas de muestreo de las cuales, cada una se realizó en 3 momentos del día con lecturas in situ de pH, temperatura y toma de muestras para análisis en laboratorio.

1.10.4.2. Lectura Ph y Temperatura

Los parámetros de pH y temperatura fueron tomados in situ por electrodo mediante el multiparámetro Multi 3630 IDS.

1.10.4.3. Determinación de Sólidos

Los sólidos totales y sólidos volátiles totales se determinaron en el laboratorio de Química de la universidad mariana con el método 2540 B del Standard Methods for the examination of Water and Wastewater.

1.10.4.4. Identificación de *Candida Auris* Mediante el Chromagar

Se utilizó CHROMagar™ *Candida Plus* como medio de cultivo cromogénico selectivo para la detección cualitativa directa, la diferenciación e identificación de las especies de *Candida (auris, albicans, tropicalis, glabrata y krusei)*. Para lo cual, se hizo uso de 14.6 g del CHROMagar™ por 144 ml de agua destilada. Posteriormente se removió hasta que espesó y se calentó hasta llegar a ebullición a 100°C sin dejar de agitar, se dejó enfriar y se vertió el medio en las placas Petri

previamente esterilizadas. Finalmente se dejó solidificar en la nevera, protegida de la luz y la deshidratación.

La muestra microbiológica se tomó una vez por cada jornada (mañana, mediodía y noche) con lo cual se obtuvo al final de cada día 3 muestras microbiológicas, las cuales se tomaron en frascos de vidrio de 500 ml esterilizados y se conservaron a 4°C aproximadamente 1 hora antes de su análisis.

Por otro lado, para la detección de *Candida auris* en medio acuoso se adoptó la técnica de filtración por membrana recomendada en el decreto 2115 de 2007 para la determinación de coliformes fecales y totales. En este contexto, se realizó dilución de 10⁻² para cada muestra, es decir 99 ml de peptona y 1 ml de la muestra microbiológica repitiendo este proceso 2 veces. Posteriormente, se filtraron las muestras inoculadas y una muestra del caldo sin inocular denominado como “blanco” para descartar contaminación de las muestras.

Finalmente, pasadas las 48 horas, se procedió a realizar la lectura con el contador de colonias y el microscopio digital. Para la lectura e interpretación cualitativa de las placas Petri, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 1

*Aspecto típico de las colonias de *Candida**

Microorganismo	Aspecto típico de las colonias
C. albicans	Verde-Azul
C. auris	Azul claro con halo azul
C. tropicalis	Azul metálico con halo rosa

C. Krusei	Rosa y borrosa
C. glabrata	Malva
Posible C. auris	Blanco crema

1.10.4.5. Análisis y procesamiento de la información

Para organizar la información inicialmente se usó el software Excel en donde, además se añadió la extensión XLSTAT mediante la cual se realizaron las pruebas de correlación. Los resultados de estas pruebas se graficaron y verificaron utilizando la herramienta en línea que combina programación en Python y Google Colaboratory. En último lugar, para las pruebas de normalidad y varianza se empleó el Software R – Studio.

2. Presentación de Resultados y Discusión.

En esta sección, se exponen los resultados de las mediciones y evaluaciones realizadas en las muestras de agua residual recolectadas en las que se observó diversos aspectos fisicoquímicos y microbiológicos para entender en profundidad el comportamiento de los microorganismos en este tipo de agua residual. Estos resultados se discuten en relación con su relevancia para el tratamiento y la gestión adecuada de las aguas residuales y el control de factores que impulsen el crecimiento de las diferentes especies de *Candida*. Cabe señalar que la variable DBO 5 que se tuvo en cuenta para el estudio en un inicio, luego de los análisis de laboratorio se observó que los valores reportados no fueron los adecuados por lo que no fue posible tenerlos en cuenta para la caracterización y análisis de esta agua residual.

2.1. Caracterización Fisicoquímica

Se identificó el posible recorrido y aportantes de aguas residuales que derivan en el colector en el cual intervienen aguas residuales domésticas en su mayoría, algunas aguas residuales comerciales específicamente de carnicerías, también aguas residuales de talleres mecánicos y aguas residuales hospitalarias. De este modo, los resultados que se presentan a continuación pueden tener características de todas estas actividades.

Los datos de pH y temperatura se tomaron in situ y se recolectaron un total de 7 datos, como se muestran en las Tablas del **Anexo A**. Así mismo, en la **Tabla 1 se muestra** el cálculo del promedio y la desviación estándar para el posterior análisis de la información por jornadas.

Tabla 2

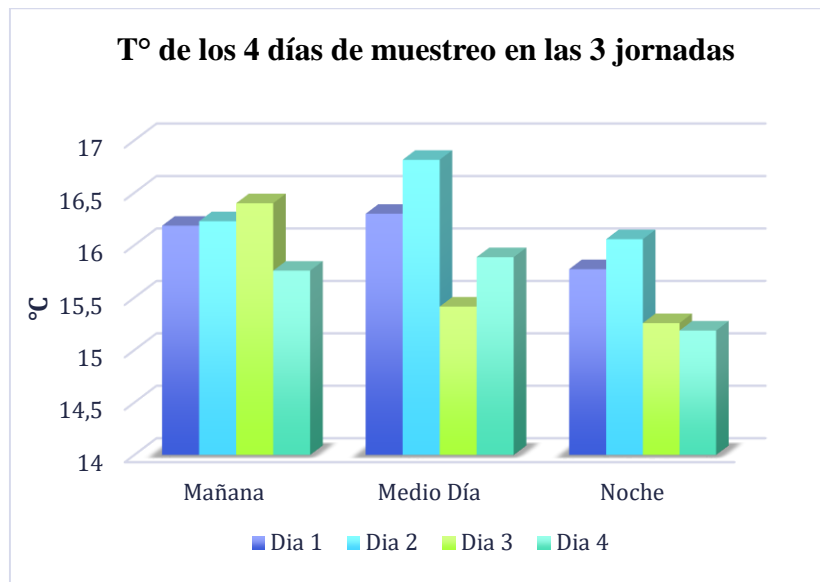
Promedio de pH y temperatura

FECHA	JORNADA	T°C	Desviación estándar T°C	pH	Desviación Estándar pH
Martes (24/Oct)	Mañana	16.19	0.17	8.20	0.22
	Medio Día	16.30	0.23	8.69	0.07
	Noche	15.77	0.11	8.34	0.10
Jueves (26/Oct)	Mañana	16.23	0.10	8.31	0.16
	Medio Día	16.81	0.09	8.63	0.11
	Noche	16.06	0.18	8.33	0.25
Martes (31/Oct)	Mañana	16.40	0.64	7.97	0.22
	Medio Día	15.41	0.21	7.91	0.09
	Noche	15.26	0.28	7.80	0.09
Jueves (2/Nov)	Mañana	15.76	0.21	7.87	0.23
	Medio Día	15.89	0.30	8.04	0.12
	Noche	15.19	0.24	7.79	0.08

La **Figura 2.** muestra la temperatura (T°) medida durante los cuatro días en tres momentos diferentes del día. se observa como el primer día tuvo las temperaturas más estables, con una diferencia de solo 0.53 °C entre el valor más alto y el más bajo y, por el contrario, el día 3 tuvo las temperaturas más variables, con una diferencia de 1.14°C entre el valor más alto y el más bajo.

Figura 2

Temperatura 4 días de muestreo



Además, las lecturas de temperatura tomadas en los días de muestreo se encontraron desde los $15.19 \pm 0.24^{\circ}\text{C}$ como el valor más bajo hasta los $16.81 \pm 0.09^{\circ}\text{C}$ como el valor máximo, presentando estos límites en la muestra de la noche del último muestreo y en la muestra del mediodía del segundo muestreo respectivamente, aunque el pico más alto se presentó al mediodía, el momento del día que tuvo las temperaturas más altas en promedio fue la mañana, con un valor medio de $16.14 \pm 0.27^{\circ}\text{C}$, comparación al medio día y noche con registros promedio de $16.10 \pm 0.60^{\circ}\text{C}$ y $15.57 \pm 0.42^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Sin embargo, aplicando la prueba de Kruskal Wallis entre jornadas se obtuvo un p. valor de 0.1738, lo que indica que no se encontraron diferencias significativas en términos de temperatura.

Independientemente de la significancia en las diferencias entre jornadas, es necesario recalcar que la jornada de la mañana puede presentar las temperaturas más elevadas por factores antrópicos

como el uso de duchas de agua caliente por la hora en que se muestreo (7am -8am) o agua caliente derivada de la preparación de alimentos.

Según datos registrados por (Pasaje y Palacios, 2018) en otro punto de la ciudad para la implementación de un sistema piloto de tratamiento de agua residual, la temperatura encontrada fue de 18.2 °C la cual es un poco mayor que la de esta investigación con solo 1.39°C de diferencia con el dato mayor. Aquí se menciona que la temperatura ideal para tratamientos biológicos está entre 20°C y 30°C, sin embargo, en la temperatura registrada si fue efectivo el proceso por lo que, a una temperatura de casi 17°C de esta investigación, aún se podría considerar como bueno para el desarrollo microbiológico.

Por otra parte (Canales y Sevilla, 2017) mencionan que la temperatura de las aguas residuales normalmente se encuentra entre los 10 y 20°C, pero en cuanto al desarrollo específico de levaduras de la familia sacaromicetos, estas tienen su crecimiento óptimo a los 28.5°C lo que podría representar un condicionante para el desarrollo de estos microorganismos en este entorno a su temperatura habitual.

En este sentido, lo que podría aumentar la temperatura del agua y por ende aumentar el crecimiento de levaduras serían algunas actividades antrópicas en las que los vertimientos se hagan a más temperatura como en curtiembres donde se registran temperaturas de 24°C (Medina Moreno, 2018), contribuyendo negativamente a el desarrollo de algunos microorganismos peligrosos.

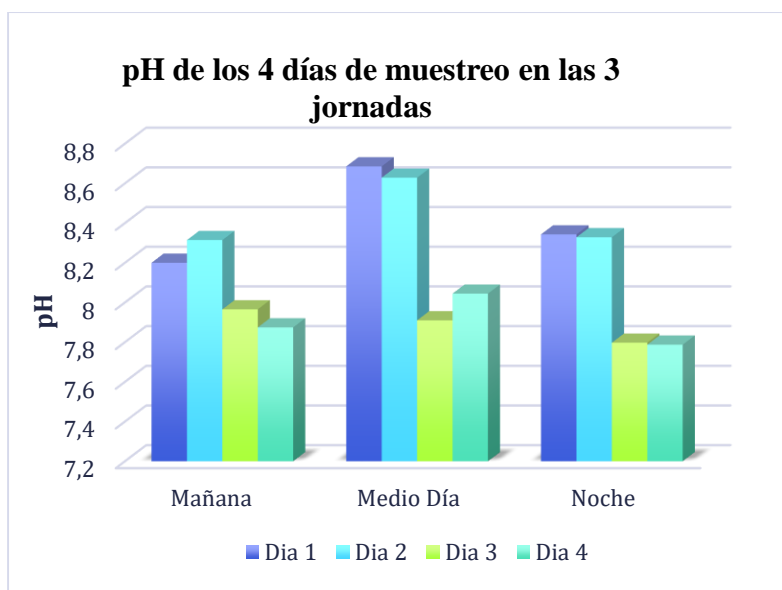
La **Figura 3.** revela el comportamiento del pH en diferentes momentos del día a lo largo de las cuatro campañas de muestreo establecidas en las que se puede observar que el pH oscila entre 7.87 ± 0.23 , que representa el valor más bajo y 8.69 ± 0.07 , que es el valor más alto registrado, siendo el valor más bajo el de la noche del cuarto día y el más alto el del mediodía del primer día de

muestreo. La diferencia entre los valores extremos no supera una unidad de pH al igual que el promedio de jornadas en donde el valor más elevado se registró en el medio día con 8.32 ± 0.40 , seguido del promedio de la mañana con 8.09 ± 0.20 y por último el valor de la tarde con 8.06 ± 0.3 . por otra parte, se realizó un test de Kruskal-Wallis que arrojó un p. valor de 0.4909, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las jornadas en términos de pH.

Este comportamiento puede deberse a que no hay algún agente externo como por ejemplo la extracción de almidón de yuca la cual es de carácter ácido (Pérez y Torres, 2011), lo cual puede modificar bruscamente el pH del agua residual.

Figura 3

pH 4 días de muestreo



De acuerdo a (Resolución 0631, 2015), el pH de los vertimientos de ARD por parte de los prestadores de servicios públicos de alcantarillado a un cuerpo de agua superficial debe estar entre un valor de pH de 6.00 a 9.00, por lo que los datos recolectados están cumpliendo con la norma en

este sentido. En cuanto al desarrollo microbiológico en lo que en aguas residuales se refiere, este se puede desarrollar en pH desde 2 hasta 9, aunque para hongos específicamente, se ven beneficiados sobre las bacterias en aguas residuales con valores de pH inferior a 6 (Bejarano y Escobar, 2015) por lo que, para los datos registrados en esta investigación, al presentar valores por encima de un pH de 6 se pudo haber reducido el crecimiento esperado.

En la **Tabla 2** se muestran los resultados obtenidos de ST y SVT, además de los sólidos fijos que son necesarios para calcular el valor de SVT. Cada Tabla muestra 3 valores los cuales representan las tres muestras del día tomadas antes de jornada (mañana), en jornada (medio día) y después de jornada (noche) para cada variable. Dichos resultados son obtenidos luego de realizar 3 repeticiones en laboratorio para la cuantificación de cada muestra de sólidos.

Tabla 3

Sólidos totales, volátiles y fijos totales

DÍA	JORNADA	SVT (mg/L)	ST (mg/L)	SFT (mg/L)
Martes (24/Oct)	Mañana	442.67	643.33	200.67
	Medio Día	227.33	326.67	99.33
	Noche	191.33	285.33	94.00
Jueves (26/Oct)	Mañana	528.67	636.67	108.00
	Medio Día	214.13	459.47	245.33
	Noche	188.00	245.00	57.00
Martes (31/Oct)	Mañana	925.33	1533.33	608.00
	Medio Día	210.67	1018.67	808.00

	Noche	194.00	243.33	49.33
	Mañana	272.67	411.33	138.67
Jueves (02/Nov)	Medio Día	246.00	410.00	164.00
	Noche	184.00	278.67	94.67

Figura 4

Evaporación de muestras para determinación de sólidos



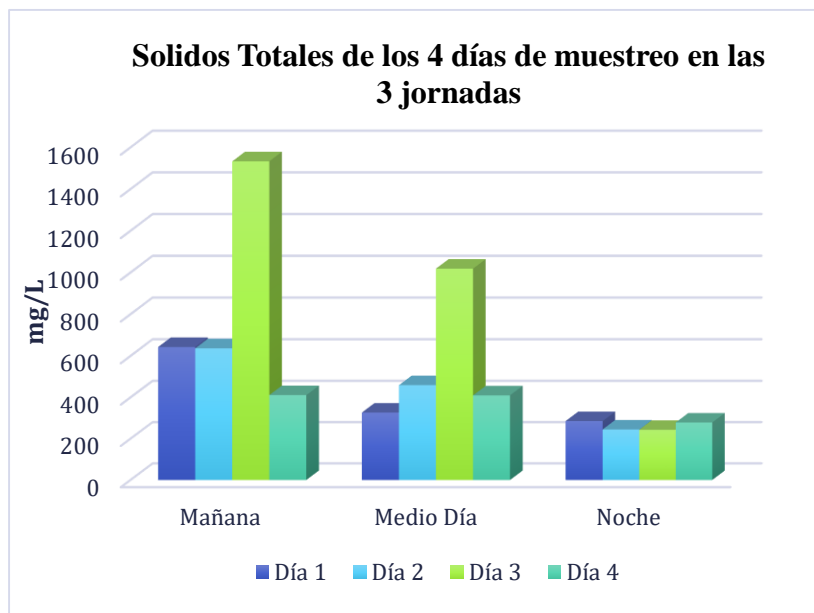
En la **Figura 5**, se puede evidenciar como en promedio en los muestreos de la noche de todos los días, los datos de sólidos totales tuvieron los valores más bajos a comparación del promedio de las muestras del medio día y la mañana; donde en el día 3, se presentaron las mayores concentraciones de sólidos totales con un valor de 1018 mg/l y 1533 mg/l respectivamente; en el caso de la concentración más alta en la muestra de la mañana, esta es aproximadamente el doble de las muestras de los otros días.

Para este parámetro, de acuerdo a el resultado de la prueba de Kruskal-Wallis con p valor de 0.0183 demuestra que existe una diferencia de solidos totales entre jornadas posiblemente por la carga orgánica fecal que varía constantemente por el tipo de agua residual y la naturaleza de la

misma y puede relacionarse con la variación de sólidos (Arias et al., 2022) y (Instituto del agua, 2024).

Figura 5

Sólidos totales 4 días de muestreo

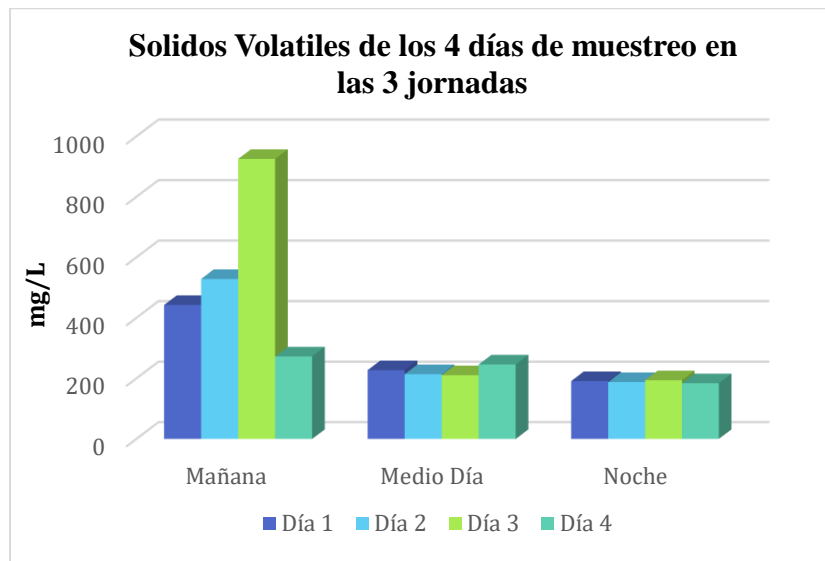


A su vez, en la **Figura 6**. se puede observar como la mayor parte de las concentraciones de sólidos volátiles se encuentra alrededor de los 190 mg/l en las muestras del medio día y la noche de todos los días a diferencia de las muestras de la mañana, en las cuales las concentraciones superan los 200 mg/l y en donde se encuentra la concentración más alta de 925 mg/l correspondiente al muestreo del día 3.

Al igual que los sólidos totales, para sólidos volátiles se encontró que existe una diferencia significativa soportada por un p valor de 0.0183, resultados muy semejantes y que según lo mencionado por (Arias Boza et al., 2022) están estrechamente relacionados entre sí y también con el aporte fecal de las aguas residuales.

Figura 6

Sólidos volátiles 4 días de muestreo



Según (Rojas, 2002), hay tres clases o niveles en las concentraciones de sólidos totales y sólidos volátiles que componen el agua residual doméstica, establecidos como bajo, medio y alto. En el nivel o clase alta para sólidos totales el valor típico es de 1200 mg/L y para sólidos volátiles es de 325 mg/L. Así mismo, (Pasaje y Palacios, 2018) reportaron valores de sólidos totales de 1082.8 mg/L. En ambos casos la información recolectada en esta investigación supera esos valores lo que evidenciaría que el agua residual analizada tiene otros aportes diferentes a el agua residual doméstica como pueden ser los derivados del hospital, comercios entre otros.

Sintetizando, en los parámetros fisicoquímicos analizados como pH y temperatura no se encontraron diferencias representativas y sus valores se encuentran en el rango correspondiente a agua residual domestica a diferencia de los análisis de sólidos, en los cuales los valores encontrados son mayores a los valores típicos. El estudio de estas variables resulta crucial para comprender el comportamiento microbiológico del agua residual del colector.

En consecuencia, en el siguiente objetivo se llevará a cabo un análisis detallado del crecimiento de cinco especies de *Candida*.

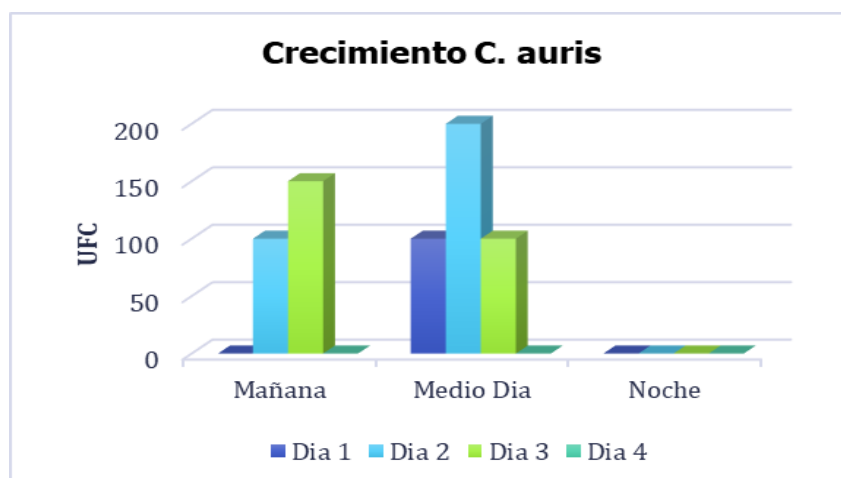
2.2. Caracterización Microbiológica

Un aspecto relevante a considerar es que en el agua residual que fluye hacia el colector Pedagógico existe la influencia de aguas hospitalarias, cuya composición y carga contaminante plantean la posibilidad de un aporte microbiológico importante (Kaur et al., 2020).

En este sentido, El **Anexo B**. muestra las UFC durante los 4 días de muestreo en las tres jornadas del día. De este modo, se observó que los crecimientos para *Candida auris* azul son los de menor abundancia como se puede observar en la **Figura 7**.

Figura 7

Crecimiento de las colonias C. auris



Es así que, *Candida auris* azul presentó como mayores crecimientos 150 UFC y 200 UFC en las muestras de la mañana del tercer día y en el mediodía del segundo día respectivamente. Cabe resaltar que, en los 4 días de muestreo no existió crecimiento de *Candida auris* en la jornada de la noche en donde se presentaron las temperaturas más bajas del muestreo (**ver Figura 2**).

Es importante mencionar que el día cuatro no tuvo crecimiento de colonias de *Candida auris*, esto puede deberse a que el cuarto día presentó los valores más bajos de temperatura y pH de los 4 días de muestreo en las tres jornadas. Además, durante el día 1 y el día 3 en la jornada de medio día los valores de *Candida auris* azul se mantuvieron iguales, presentando 100 UFC. Sin embargo, al aplicar el test de Kruskal-Wallis se obtuvo un p. valor de 0,1295, indicando que no se encuentran diferencias significativas entre jornadas en cuanto a UFC de *C. auris* azul.

La poca presencia de colonias de *Candida auris* en comparación a las otras especies de *Candida*, puede estar relacionada a su capacidad de adaptación a un medio con características especiales cambiantes como es el caso del agua residual del colector circular pedagógico que contiene aguas residuales de un hospital y aguas residuales domésticas (Oliart et al., 2016). Sin embargo, *Candida auris* al ser un patógeno termotolerante, el cual presenta un desarrollo óptimo a 37°C y resiste hasta los 42°C (Chakrabarti & Sood, 2021), logro adaptarse a temperaturas bajas en comparación a su temperatura optima, logrando crecer, aunque mínimamente en condiciones hostiles debido a la influencia de aguas residuales Hospitalarias.

Figura 8

*Visualización colonias *C. auris* azul*

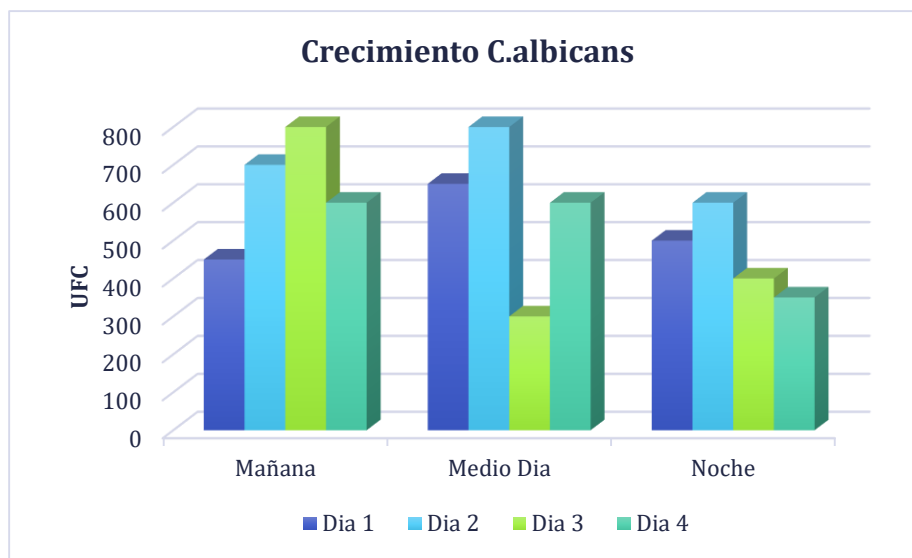


Correspondiente al crecimiento de *Candida albicans* se observa en la Figura 9. cómo está supera el crecimiento de *Candida auris*, presentando el menor crecimiento con un conteo de 300 UFC en el muestreo del mediodía del tercer día y un pico de crecimientos de 800 UFC en el medio día y en la mañana del segundo y tercer día de muestreo respectivamente.

En cuanto a toda la jornada de la mañana, el valor más bajo se presentó en el día 1 con 450 UFC y el más alto el día 3 con 800 UFC, por su parte en la jornada del mediodía el valor más bajo se registró en el día 3 con 300 UFC y el más alto el día 2 con 800 UFC y por último en la jornada de la noche el valor más bajo se registró en el día 4 con 350 UFC y el más alto el día 2 con 600 UFC.

Figura 9

Crecimiento de las colonias C. albicans



Estos valores se pueden evidenciar en el Anexo B. No obstante, al aplicar el test de Kruskal-Wallis da como resultado un **p. valor** de 0.2816, lo cual indica que no existe diferencia entre jornadas en cuanto a *C. albicans*.

Cabe resaltar que, *C. albicans* es la cepa más común identificada clínicamente, representando aproximadamente el 60-80% de los aislamientos en la cavidad oral y entre el 80-90% en los aislamientos vaginales (Diez Villalba, 2021). Siendo *C. albicans* el principal agente etiológico de la candidiasis, de allí su gran importancia médica y ambiental. En este contexto, se ha observado que la levadura *Candida albicans* tiene una temperatura óptima de crecimiento de 37 °C, pero puede desarrollarse en temperaturas hasta de 25 °C (Mantilla Florez et al., 2021), sin embargo en la presente investigación se obtuvo una temperatura máxima de 16.81 °C, siendo esta una temperatura significativamente baja en comparación a su temperatura óptima, Akdeniz et al. (2000) sugieren que las cepas de este hongo pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales debido a variaciones en sus propiedades químicas, físicas y fisiológicas.

Estas levaduras tienden a sobrevivir mejor en ambientes cálidos y húmedos del cuerpo, sin mostrar preferencia por el clima. (Mantilla Florez et al., 2021).

Figura 10

*Visualización colonias *C. albicans**

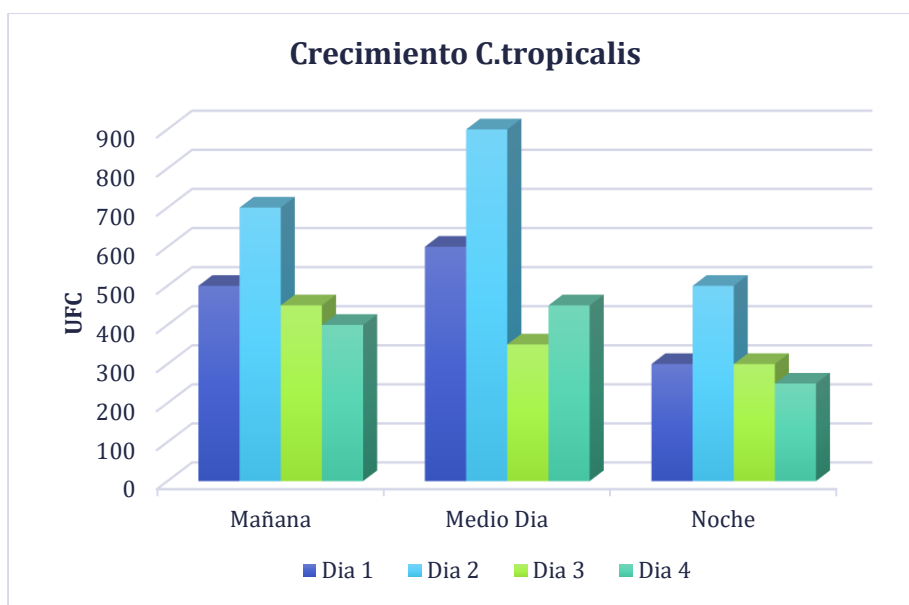


La **Figura 11** muestra el crecimiento de *Candida tropicalis* durante los cuatro días de muestreo en donde el segundo día se destaca con un aumento significativo en el crecimiento, alcanzando

900 UFC durante el mediodía. Al igual que *C. auris*, *C. tropicalis* presentó el mayor crecimiento en la jornada de medio día del segundo día de muestreo, siendo este día el que presentó la temperatura más alta, la cual se registró de $16.81^{\circ}\text{C} \pm 0.09^{\circ}\text{C}$.

Figura 11

Crecimiento de las colonias C. tropicalis



Por otra parte, el límite inferior de crecimiento se presentó en la noche del día cuatro con 250 UFC. En cuanto a la jornada de la mañana el valor más alto se registró el segundo día con 700 UFC y el más bajo el cuarto día con 400 UFC, por su parte, en la jornada de mediodía el valor más alto se registró el segundo día con 900 UCF y el más bajo el tercer día con 350 UFC y por último en la jornada de la noche el valor más alto se presentó el segundo día con 500 UFC y el más bajo en el cuarto día con 250 UFC.

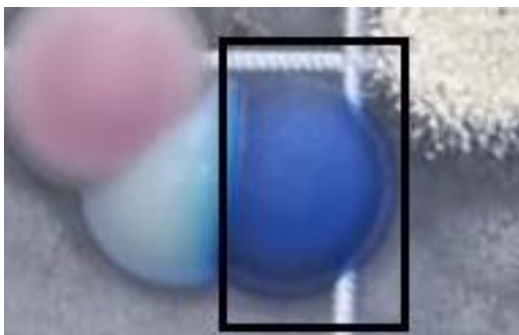
Las afirmaciones anteriores sugieren que, el segundo día presenta los valores más altos del muestreo en las tres jornadas del día. Además, los niveles de crecimiento son generalmente más bajos durante la mañana y la noche en comparación con el medio día. Sin embargo, se registró un

p. valor de 0.1439 al realizar el test de Kruskal-Wallis, lo cual representa que al igual que *C. auris* y *C. albicans*, *C. tropicalis* no presenta diferencias en las jornadas de muestreo.

Candida tropicalis es la segunda especie más prevalente del género *Candida*, siendo precedida de *C. albicans*. Cervantes Martínez et al, (2017) afirma que al igual que otros hongos, la temperatura es un factor importante en su crecimiento, siendo su temperatura ideal entre los 25-37°C, sin embargo, a una temperatura máxima de 16.81 °C lograron crecer una cantidad significativa de colonias de *C. tropicalis*. Este patógeno presenta una diversidad de hábitat como lo es el agua, alimentos, el suelo, las plantas y sobre todo el ser humano. En este sentido, es capaz de sobrevivir en entornos húmedo y con temperaturas relativamente cálidas. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España, 2023).

Figura 12

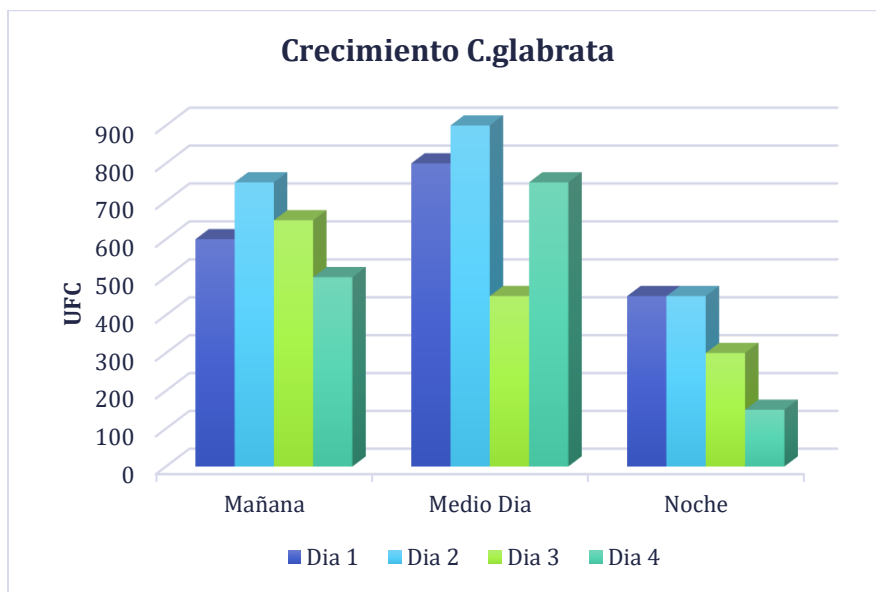
*Visualización colonias *C. tropicalis**



En la **Figura 13**. se observa que los menores datos de crecimiento de UFC se presentan en la noche en donde las temperaturas fueron más bajas y en la jornada de mediodía en donde la temperatura fue más alta se presentaron los valores más altos de UFC de *C. glabrata*.

Figura 13

Crecimiento de las colonias C.glabrata



En este sentido, en el segundo día de muestreo se presentó el mayor crecimiento de colonias de *C. glabrata* con un valor de 900 UFC en la jornada de mediodía, por el contrario, en el cuarto día en la jornada de la noche se presentó el valor más bajo del muestreo de *C. glabrata* con un valor de 150 UFC.

Por su parte, en la jornada de la mañana el pico más alto de colonias se presentó en el segundo día con 750 UFC y el más bajo en el cuarto día con 500 UFC, en la jornada de mediodía el pico más alto de colonias se registró en el segundo día con 900 UFC y el más bajo en el tercer día con 450 UFC, y en la jornada noche el valor más alto se presentó en el primer y segundo día muestreo, registrando un crecimiento de 450 UFC y el más bajo en el cuarto día de muestreo con 150 UFC.

Siendo el segundo día el que presentó el mayor crecimiento de colonias de *Candida glabrata* en las tres jornadas, al igual que el crecimiento de *C. tropicalis*. Así pues, con el test de Kruskal-

Wallis se constató que existe una diferencia significativa entre jornadas, puesto que el test arrojó un p. valor de 0.03084.

En tal sentido, Torres et al., (sf.) afirman que *C. glabrata* crece a una temperatura máxima de 43-45°C, sin embargo, la temperatura óptima para el crecimiento de las cepas de origen clínico oscila entre los 35-37°C. A pesar de lo ya afirmado por Torres et al., (sf.), la temperatura máxima registrada en el presente estudio es muy inferior a la óptima para el crecimiento de *C. glabrata*, sin embargo, en el estudio se presentó una cantidad significativa de esta especie, lo cual sugiere que se llevó a cabo un proceso de adaptación por parte de este patógeno, debido a que *C. glabrata* es altamente tolerante al estrés ambiental, en este caso, se adaptó a las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual del colector. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España, 2023).

Figura 14

Visualización colonias C. glabrata



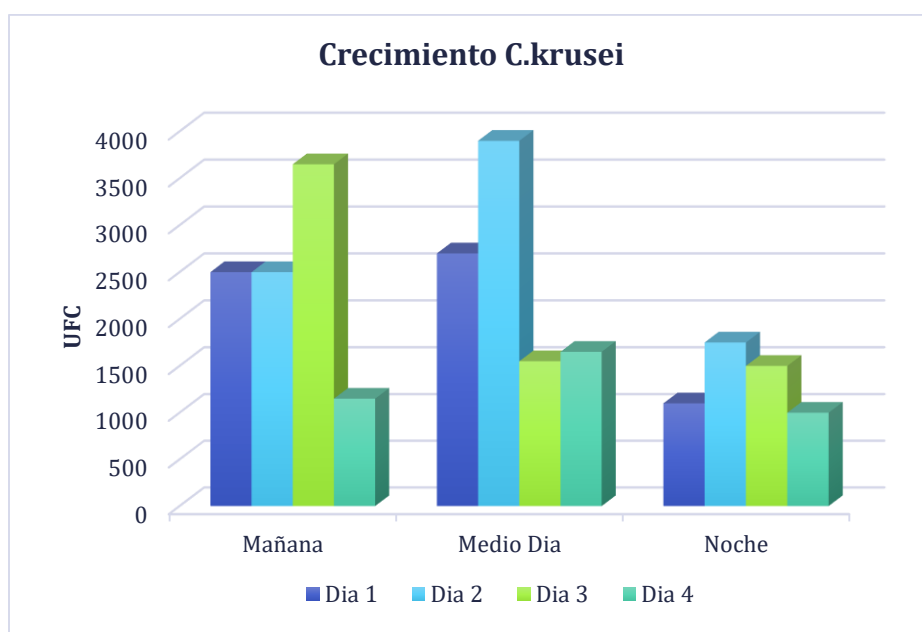
En la **Figura 15.** se puede evidenciar el crecimiento de *C. Krusei* durante los 4 días de muestreo en las tres jornadas (mañana, medio día y noche), en donde, el segundo y tercer día presentan los

picos más altos en el crecimiento de colonias de *Candida Krusei*, presentando valores de 3900 UFC en la jornada de medio día y 3650 UFC en la jornada de la mañana.

En comparación a la jornada de la mañana y mediodía, en la jornada de la noche se presentan los valores más bajos de UFC de *C. Krusei*, siendo así, el valor más bajo de 1000 UFC presentado en el cuarto día de muestreo en la noche. Sin embargo, al realizar el test de Kruskal-Wallis, arrojó un p. valor de 0,122 lo cual nos indica que no existe diferencia entre jornadas.

Figura 15

Crecimiento de las colonias C. krusei



En términos de jornadas, la jornada de la mañana presentó su valor más alto el tercer día con 3650 UFC y el valor más bajo el cuarto día con 1150 UFC; en la jornada de mediodía el pico más alto se presentó en el segundo día con 3900 UFC y el pico más bajo el tercer día con 1500 UFC; la jornada de la noche registrar su valor más alto el segundo día con 1750 UFC y el valor más bajo el cuarto día con 1000 UFC.

Debe resaltarse que *C. Krusei* fue la especie de *Candida* con mayor crecimiento en el muestreo microbiológico, esto puede deberse a que este microorganismo está presente ampliamente en la naturaleza, presentando diversidad de hábitats como son: la atmósfera, frutas, aguas residuales, ensilaje, suelo, alimentos, vinos y cervezas (Samaranayake & Samaranayake, 1994). Al igual que las anteriores especies de *Candida*, la temperatura óptima para su crecimiento es supremamente elevada a comparación con la temperatura obtenida en este estudio, afirmando Samaranayake y Samaranayake (1994) que la temperatura óptima oscila entre 43 a 45 °C.

Figura 16

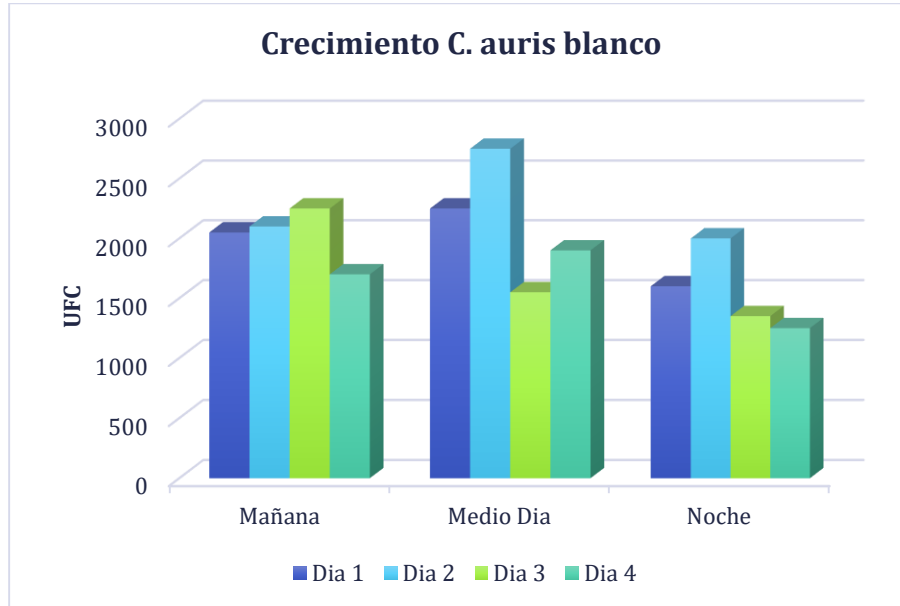
Visualización colonias C. Krusei



En la **Figura 17**. se presentan los resultados de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* blanco, en donde se puede observar que el pico más alto se presentó en el segundo día de muestreo en la jornada de medio día y el pico más bajo en el cuarto día de muestreo en la jornada de la noche en donde también se presentó la temperatura más baja de la investigación, presentando valores de 2750 UFC y 1250 UFC respectivamente.

Figura 17

Crecimiento de las colonias C. auris blanco



Al igual que en las anteriores especies de *Candida*, los valores más bajos se presentaron en la jornada de la noche (ver anexo B). En comparación con las otras especies de *Candidas*, *Candida auris* blanca presentó un mayor crecimiento. Se consideró e identificó *Candida auris* “blanco” debido a que se pudieron presentar alteraciones fisiológicas. Además, en medio CHROMagar *Candida* Kumar et al. (2017) pudieron observar un crecimiento de colonias de *C. auris* lisas de color blanco.

Figura 18

*Visualización colonias *C. auris* blanco*



El estudio demostró que las colonias de *Candida* más abundantes se observaron principalmente durante el mediodía, cuando las temperaturas alcanzaban su punto más alto. A pesar de que las condiciones de temperatura del agua residual analizada no fueron las ideales para su crecimiento, *Candida auris* azul mostró una adaptación limitada.

Por otro lado, *Candida krusei* fue la especie que presentó la mayor cantidad de colonias, lo cual podría atribuirse a su mayor presencia en el medio ambiente. (Samaranayake & Samaranayake, 1994). En este sentido, es indispensable determinar la influencia de las variables fisicoquímicas de este estudio en el crecimiento de los 5 tipos de *Candida*, especialmente *Candida auris*, mediante correlaciones presentadas en el objetivo siguiente.

2.3. Correlación De Variables

Debido a la variación de unidades formadoras de colonias de las especies de *Candida* presentes en el agua residual del colector en las diferentes jornadas de muestreo que presentaron características fisicoquímicas diferentes, fue necesario descartar diferencias entre jornadas que permitieron tratar el conjunto de datos de cada variable en su totalidad sin tener en cuenta las jornadas. De este modo,

fue posible desarrollar los test de correlación y determinar la influencia de las variables fisicoquímicas en el crecimiento microbiológico.

Es aquí que, la **Tabla 4**. muestra los resultados de la aplicación del test de normalidad de Shapiro Wilk en el cual se identificaron como variables anormales, sólidos totales, sólidos volátiles y *Candida auris* azul la cual es la variable de respuesta de esta investigación; el resto de variables tiene un comportamiento normal.

Tabla 4

Resumen del test de normalidad de Shapiro Wilk

	pH	T° (°C)	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos volátiles (mg/L)	Candida Auris Azul (UFC)	Candida Albicans (UFC)	Candida Tropicalis (UFC)	Candida Glabrata (UFC)	Candida Krusei (UFC)	Candida Auris Blanca (UFC)
p value	0,268	0,862	0,0039	0,0036	0,0012	0,6549	0,2633	0,8797	0,1262	0,9195

De acuerdo a la necesidad de validar el grado de correlación entre todas las variables entre sí, inicialmente se realizó un test de Kruskal-Wallis para descartar las diferencias entre los niveles del factor, encontrando un p. valor de 0.1295 lo cual nos indica que no hay suficiente evidencia para afirmar que hay diferencias significativas de *Candida auris* entre las jornadas (**ver Tabla 5**).

Tabla 5

Resultados del test de Kruskal Wallis entre jornadas

Kruskal-Wallis		
chi-squared	df	p-value
4.0885	2	0.1295

Al no haber diferencias entre jornadas y presentar anomalía en la variable de respuesta, se aplica el test de correlación de Spearman entre todas las variables recogidas; de este modo, se encontró que la variable fisicoquímica que más influye en el crecimiento de *Candida auris* es la temperatura, con un grado de correlación positiva de 0.682 y que además es estadísticamente significativa.

Sin embargo, entre todas las variables la que presenta un nivel de correlación más alto con la variable de respuesta es *Candida Krusei* con un valor de 0.751 que de igual forma es estadísticamente significativa (**ver Figura 19**) la relación entre temperatura y crecimiento de *Candida auris* en otros ambientes ha sido mencionada de gran importancia y es la variable a la cual *Candida auris* se está adaptando (González Ortega, 2021).

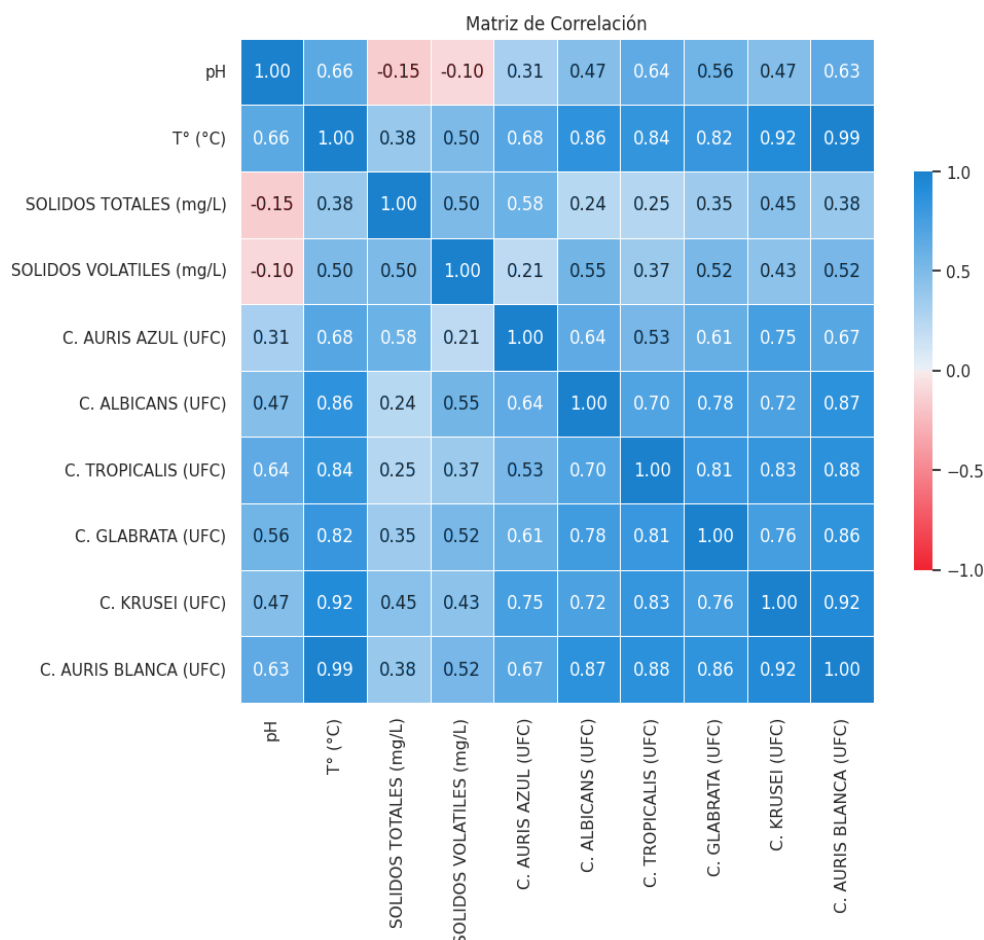
En este sentido, la presencia de este patógeno en el vertimiento del colector Pedagógico es de gran preocupación, puesto que, *Candida auris* es un patógeno termotolerante, capaz de adaptarse y perdurar durante un tiempo prologando tanto en el humano como en el ambiente (Chakrabarti & Sood, 2021).

Además, en el presente estudio se pudo comprobar que a medida que aumenta la temperatura, el número de colonias también lo hace, ya que, el muestreo que tuvo un conteo de 200 UFC presentó una temperatura de 16.81°C (siendo esta la temperatura máxima del muestreo) y un pH de 8,63, por el contrario, el menor conteo sin tener en cuenta los días en donde no se presentó crecimiento de *Candida auris* fue el segundo día de muestreo en la jornada de la mañana con un conteo de 100 UFC en donde la temperatura fue de 16.23°C y el pH de 8.31.

Es así que, el clima no solo afectara en que lugares encontremos a *Candida auris*, sino también la cantidad de colonias que puedan desarrollarse y con ello la cantidad de personas infectadas. (Dasgupta, 2023)

Figura 19

Matriz de correlaciones mediante el método Spearman



Por otra parte, en cuanto a la correlación de -0.10 entre el pH y los sólidos volátiles en aguas residuales indica una relación débil y negativa entre ambos: cuando los sólidos volátiles aumentan, el pH tiende a disminuir y viceversa, aunque esta relación no es muy fuerte. En este contexto, se observó como en un tratamiento de agua residual domestica cuando el pH aumenta la presencia de

sólidos disminuye y aunque esta característica no es muy notoria ni fuerte se puede presentar. (Guerrero Santana, 2014).

Por otro lado, la correlación de 0.63 entre el pH y el crecimiento de *Candida auris* blanca muestra una relación positiva y significativa: a medida que el pH aumenta, también lo hace el crecimiento de *C. auris*, y viceversa. Aunque esto es contrario a lo dicho por (DeLeon y Casadevall, 2016) en donde se menciona que los hongos de esta especie prefieren pH entre 5 y 6, indica la forma en que se están adaptando a otras condiciones.

Por su parte, la correlación entre los sólidos volátiles y el crecimiento de *C. auris* blanca de 0,52 indica una relación moderadamente positiva entre estos dos factores. Esta relación sugiere que a medida que aumenta la concentración de sólidos volátiles en el agua residual, también tiende a aumentar el crecimiento de hongos, y viceversa. Según (Arias et al., 2022) las aguas residuales domésticas generar un aporte importante y significativo de sólidos lo que se convierte en un aumento de la concentración de organismos vivos lo cual explica esta correlación.

Estos hallazgos sugieren que, aunque los sólidos volátiles pueden afectar el pH en cierta medida, el pH tiene una influencia más marcada en el crecimiento de hongos en aguas residuales. Sin embargo, la correlación entre pH y el crecimiento de *C. auris* azul de 0.31 y sólidos volátiles el crecimiento de *C. auris* azul de 0.21 sugiere una relación positiva débil entre estos factores, esto significa que hay una tendencia leve de que, cuando el pH y los sólidos volátiles aumenten, también lo haga el crecimiento de hongos, y viceversa, pero la relación no es muy fuerte.

En este contexto, se observó como en un tratamiento de agua residual doméstica cuando el pH aumenta la presencia de sólidos disminuye y aunque esta característica no es muy notoria se puede

presentar. (Guerrero, 2014). Así mismo, encontró en todo el conjunto de datos se encontró que existe un alto grado de correlación positiva entre el pH y las UFC de *Candida auris* blanca; además, esta misma variable tiene coeficientes de correlación mayores a 0.5 con la *Candida krusei*, *Candida glabrata*, *Candida tropicalis*, *Candida albicans* y *Candida auris* azul. Por último, se debe agregar que el coeficiente de correlación positiva más fuerte encontrado fue entre la temperatura y las UFC de *Candida auris* blanca con un valor de 0.99.

En definitiva, tanto la temperatura y el pH son las variables fisicoquímicas que mayormente afectan no solo el crecimiento de *Candida auris*, sino también el crecimiento de demás especies visualizadas y analizadas en esta investigación.

3. Conclusiones

Se identificó que la temperatura es la variable fisicoquímica más determinante en la variación de las unidades formadoras de colonias de *Candida auris* en el efluente del colector circular pedagógico ya que se observó una correlación significativa entre el aumento de la temperatura y el incremento en la concentración de *Candida auris*. Estos hallazgos destacan la importancia de mantener una vigilancia adecuada de la temperatura en los sistemas de drenaje de aguas residuales para prevenir la proliferación de esta especie en ambientes cercanos a la población como lo son los sumideros de agua residual.

Se puede concluir que en este colector de agua residual analizado no existen factores que afecten drásticamente los valores de pH y temperatura ya que no se encontraron diferencias significativas entre las campañas de muestreo. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en los resultados de sólidos totales y volátiles entre las jornadas de muestreo, indicando una posible influencia de actividades humanas en estos parámetros. Estas diferencias sugieren la presencia de acciones antrópicas como las derivadas del comercio y domésticas como el aseo y preparación de alimentos que podrían estar contribuyendo a cambios en la composición de sólidos en el agua residual.

Se evidencio que el agua residual estudiada presenta una alta concentración de colonias de las diferentes especies de *Candida*, cuyas altas concentraciones pueden deberse a la posible influencia de las aguas residuales de centros de salud, lo cual representa un gran riesgo ambiental por las mutaciones y adaptaciones que presenta.

Esta investigación destaca su importancia ya que es un primer acercamiento en el estudio de este tipo de hongo emergente en aguas residuales domesticas de la región y puede servir como insumo para explorar con más detalle y en más ambientes el crecimiento de las especies de *Candida visibles* con el CHROMagar.

La presencia de *Candida auris* en el vertimiento de agua residual proveniente de centros de salud y hospitales puede ser un indicador emergente de impacto ambiental significativo. Esta variable destaca la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales particulares ya que los medicamentos, microplásticos, antibióticos y otros contaminantes generados en estos entornos especiales, pueden representar una amenaza tanto para la salud humana como para los ecosistemas acuáticos.

4. Recomendación

Para identificar mejor las colonias que el agar selectivo empleado permite ver, se recomienda emplear antifúngicos en la preparación del agar a los que *Candida* sea capaz de resistir y de este modo evitar ruido de otra clase de hongos filamentosos que dificulten la lectura.

Se recomienda analizar además de las variables presentes en esta investigación, otras como DBO, DQO, conductividad, alcalinidad y oxígeno disuelto del agua residual para establecer un control más amplio de las variables que interactúan en el proceso de crecimiento de *Candida*.

Así mismo, se recomienda hacer el muestreo en diferentes colectores de la ciudad para comparar sus resultados, en donde el agua residual pueda ser de actividades diferentes y además identificar qué pasa con *Candida* al mezclarse con fuentes de agua superficial.

Referencias Bibliográficas.

Akdeniz, B.G.; Sen, B.H.; Iglenli, T.; Ates, M.; Ddenizci, A. A.; Atilla, G. (2000): Analysis of *Candida albicans* phenotypes in the oral cavity of renal transplant patients. *J Clin Periodontol.* 27 (Suppl 1): 92.

Alemán Almanza, T. M. (2018). *Determinación de la sensibilidad antifúngica en aislamientos clínicos de *Candida auris* asociados a procesos invasivos y de colonización recuperados en Cartagena, Colombia.* [Trabajo e grado]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/39322/Documento%28%20repositorio%29%20final%20trabajo%20de%20grado%20C.%20auris..pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Andrade Rosas, Y. A., & Castro Cañon, L. M. (2017). *Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de agua residual en el hospital nuevo del municipio de Zipaquirá-Colombia.* <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a4caba9c-2862-4e70-82aa-0349bd469d2d/content>

Arias Boza, Y., Calderón Garcilazo, A. J., & Orellana Cerron, J. P. (2022). Aporte de carga orgánica y coliformes fecales en las descargas de agua residual al lecho del río Shullcas en temporada de estiaje en el tramo Condominio Bellavista—Desembocadura, Huancayo 2021. *Universidad Continental.* <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11475>

Armenta, E., [Efraín Armenta] (2020, 26 octubre). *Morfología Colonial* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Vcxj0YKaal0&feature=youtu.be>

Arteaga Miñano, H., & Vásquez Villalobos, V. (2012). Control difuso del oxígeno disuelto, pH y temperatura de un biorreactor columna de burbujas en la producción de biomasa de *Candida utilis*. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 139-148.

Barber, C., Crank, K., Papp, K., Innes, G. K., Schmitz, B. W., Chavez, J., Rossi, A., & Gerrity, D. (2023). *Community-Scale wastewater surveillance of Candida auris during an ongoing outbreak in southern Nevada*. *Environmental Science & Technology*, 57(4), 1755-1763. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c07763> basebio/hongos/candida-glabrata.

Bejarano Novoa, M., & Carvajal, M. E. (2015). Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual. *Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/299

Canales López, H. O., & Sevilla Carpio, A. A. (2017). *Evaluación del Uso de Microorganismos Eficaces en el Tratamiento de Efluentes Domésticos Residuales del Distrito de Patapo*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/1092>

Cervantes Martínez, J., Orihuela Equihua, R., & Rutiaga Quiñones, J. G. (2017). Acerca del Desarrollo y Control de Microorganismos en la Fabricación de Papel. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/#:~:text=Los%20hongos%20pueden%20crecer%20en,durante%20su%20crecimiento%20%5B13%5D>.

Chakrabarti, A., & Sood, P. (2021). On the emergence, spread and resistance of *Candida auris*: host, pathogen and environmental tipping points. *Journal Of Medical Microbiology/Journal Of Medical Microbiology*, 70(3). <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001318>

Christensen, J. (2019, August 1). *Crisis climática podría ser la causa del surgimiento de misteriosa superbacteria resistente a medicamentos, dice estudio* | CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2019/08/01/superbacteria-crisis-climatica-surgimiento-candida-auris-estudio/>

COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005.

Corponariño. (2011). PLAN DE ORDENAMIENTO DEL CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO PASTO. <https://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhriopasto.pdf>

Dane. (2018). Colombia—Censo Nacional de Población y Vivienda—CNPV - 2018. https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/643/data_dictionary

DeLeon-Rodriguez, C. M., & Casadevall, A. (2016). Cryptococcus neoformans: Tripping on Acid in the Phagolysosome. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00164>

Díaz, N., Farina, J., Herrera, J. L., & Ezcurra, M. C. (2020). *Candidemia: características en los adultos mayores*. *Revista Chilena De Infectología*. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182020000300288>

Diez Villalba, A. (2021). *Marcadores de infección por Candida albicans y su utilidad en el diagnóstico y protección frente a la candidiasis invasora*. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/52145/TESIS_DIEZ_VILLALBA_ANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guerrero Santana, E. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie acuática (*Eichhornia Crassipes*) en una laguna de oxidación secundaria del sector 9, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, Ucayali 2014. *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2241>

González Ortega, N. (2021). *Candida auris, nuevo hongo patógeno multirresistente*. [Trabajo de Grado]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24042/Candida%20auris%2C%20nuevo%20hongo%20patogeno%20multirresistente.pdf?sequence=1>

González Ortega, N. (2021). *Candida auris: Nuevo hongo patógeno multirresistente*. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/24042>

Guadarrama Tejas, R., Kido Miranda, J., Roldan Antunez, G., & Salas Salgado, M. (2016). *Contaminación del agua. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 10. [google scholar. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf)

Guerrero Santana, E. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie acuática (*Eichhornia Crassipes*) en una laguna de oxidación secundaria del sector 9, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, Ucayali 2014. *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2241>

Instituto Nacional de Salud. (s. f.). Alerta por emergencia global de infecciones invasivas causadas por la levadura multirresistente, *Candida auris*. Instituto Nacional de Salud.

<https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/Alerta-por-emergencia-global-de-infecciones-por-levadura-Candida%20auris.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo España. (10 de 2023). <https://www.insst.es/fichas-agentes-biologicos-basebio/hongos/candida-glabrata>.

Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo España: <https://www.insst.es/fichas-agentes-biologicos-basebio/hongos/candida-glabrata>

Institutodelaguaes. (2024, enero 19). Carga Orgánica en Aguas Residuales: Un análisis detallado de su impacto y manejo. *Instituto del Agua*. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/carga-organica-en-aguas-residualesaguas-residuales/>

Kaur, R., Yadav, B., & Tyagi, R. D. (2020). Microbiology of hospital wastewater. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 103-148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00004-3>

Khaled, J. M., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Alobaidi, A. S., Nauman, K., MGHilan, A., Almazyed, A. O., Aldosary, M. S., Rashedi, S. A., Alfalih, A. M., Farrag, M. A., & Alharbi, M. S. (2023). *Distribution of Candida infections in patients and evaluation of the synergic interactions of some drugs against emerging fluconazole- and caspofungin-resistant C. auris*. *Journal of King Saud University - Science*, 35(4), 102617. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102617>

Kumar, A., Sachua, A., Mohana, K., Vinod, V., Dinesh, K., & Karim, S. (2017). *Simple low cost differentiation of Candida auris from Candida haemulonii complex using CHROMagar Candida medium supplemented with Pal's medium*. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130140617300219>

La Candida auris: *Un hongo resistente a los fármacos que se propaga en los centros de atención médica* | CDC. (s. f.). <https://www.cdc.gov/fungal/candida-auris/es/fact-sheets/cdc-message-infection-experts.html>

Lee, W. S., Shin, J. H., Uh, Y., Kang, M. H., Kim, S., Park, K. W., & Jang, H. (2011). *First Three Reported Cases of Nosocomial Fungemia Caused by Candida auris*. *Journal of Clinical Microbiology*, 49(9), 3139-3142. <https://doi.org/10.1128/jcm.00319-11>

Mantilla Florez, Y., Tuta Quintero, E., Brito Rodriguez, A., & Clavijo Moreni, L. (2021). *Candidiasis y Candida albicans*. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental.*, LXI (3). <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e5.613.003>

Medina Moreno, J. G. (2018). *Evaluación del porcentaje de remoción de colorante negro reactivo 5, en aguas residuales del curtido de pieles, utilizando 2 hongos lignolíticos*. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10547>

Muñoz Cruz, A. (2008, 06). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Universidad autónoma del estado de Hidalgo “caracterización y tratamiento de aguas residuales” monografía.

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1>

Oliart, R. M., Presas, Á. M., & Sánchez, M. G. (2016). *Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico*. SciELO México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582016000200079#B6

Organización Panamericana de la Salud. “*Candida auris outbreaks in health care services in the context of the COVID-19 pandemic.*” Organización Panamericana de la Salud, 6 febrero 2021

Ortiz Roa, C. (2023). ¿Es la mortalidad atribuible a *Candida auris* mayor que la mortalidad atribuible a otras especies de *Candida spp*? ¿En pacientes con candidemia en Colombia? <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83351>

Ortíz-Catón, M., Alatorre-Rosas, R., Valdivia-Bernal, R., Ortíz-Catón, A., Medina-Torres, R., Alejo-Santiago, G. (2011). *Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos Entomopatógenos.* *Revista bio ciencias*, 1(2). <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/584>

Panizo, M., & R. (2001). *Candida albicans y su efecto patógeno sobre las mucosas.* *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 21(2), 38-45. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562001000200011

Pasaje, A. F., & Palacios, C. N. (2018). *Evaluación de remoción de carga contaminante con sistema piloto para tratamiento de aguas residuales domésticas* [Monografía]. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/5459/>

Paucar-Miranda, C. J., Sandoval-Ahumada, R., Lopez-Martinez, R., Terrel-Gutierrez, L., Zurita-Macalapu, S., Urcia-Ausejo, F., Flores-León, D., Gavilan-Chávez, R., Quispe-Pardo, Z., & Yagui-Moscoso, M. (2021). *Primer reporte de Candida auris en Perú.* *Anales de la Facultad de medicina*, 82(1). <https://doi.org/10.15381/anales.v82i1.20739>

Pérez, A., & Torres, P. (2011). Indices de alcalinidad para el control del tratamiento anaerobio de aguas residuales fácilmente acidificables. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 10(2), 41-52. <https://doi.org/10.25100/iyc.v10i2.2473>

pH del Agua. (s. f.). *HANNA Instruments Colombia*. <https://www.hannacolombia.com/blog/post/73/ph-del-agua>

Ramallo, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona: España, Editorial Reverté, S.A.

Resolución 631 de 2015, 0631 (2015). <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>

Rojas, R. (2002). *Curso Internacional " GETIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES " 25 al 27 de setiembre de 2002*. https://www.academia.edu/37172484/Curso_Internacional_GETI%C3%93N_INTEGRA_L_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_25_al_27_de_setiembre_de_2002

Rowlands, J., Dufort, E., Chaturvedi, S., Zhu, Y., Quinn, M., Bucher, C., Erazo, R., Haley, V., Kuang, J., Ostrowsky, B., Southwick, K., Vallabhaneni, S., Greenko, J., Tserenpuntsag, B., Blog, D., & Lutterloh, E. (2023). *Candida auris admission screening pilot in select units of New York City health care facilities, 2017-2019*. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2023.01.012>

Ruiz Gaitán, A. C. (2019). *Análisis epidemiológico, clínico y microbiológico del brote de candidiasis invasora por *Candida auris* en el Hospital Universitario y Politécnico La Fe*.

[Tesis doctoral].

https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/75458/Tesis_%20Alba_1502_jav%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Samaranayake, Y., & Samaranayake, L. P. (1994, noviembre 1). *Candida krusei: biology, epidemiology, pathogenicity and clinical manifestations of an emerging pathogen*. Microbiology Society. <https://doi.org/10.1099/00222615-41-5-295>

Steffen, H., Bosch, C., Wolfaardt, G., & Botha, A. (2022). Rising environmental temperatures and polluted surface waters: The prelude to the rise of mycoses in South Africa. *Water SA*, 48(2), Article 2.

Términos S. (2023, May 10). *EPA*. <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-s>

Torres Martinez, D. L. (2011, 09). *Caracterización microbiológica del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ubicada en el campus de la Universidad Militar Nueva Granada Sede Cajicá*. CORE. <https://core.ac.uk/reader/143450180>

Torres, J., Morera, Y., & López, O. (n.d.). *Candida glabrata: UN PATÓGENO EMERGENTE*. seimc. <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/cglabra.pdf>

Valenzuela, B., [Microorganismos y agricultura]. (2022, 1 noviembre). *¿Qué son las UFC (Unidades formadoras de colonia) y para qué se utilizan?* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=sokIpExAZog&feature=youtu.be>

Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M. and Barceló, D. (2010). *Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. Journal of Hydrology*, 389, pp. 416-428.

Villalobos, A., Calderón, L., Figueroa, C., Fierro, J., Otálora, G., Álvarez, R., Quevedo-Hidalgo, B., Mercado-Reyes, M., Huertas-Valero, M., & Trespalacios-Rangel, A. (2007). *Evaluación por Método Ecométrico de Agar Obtenido de Algas Rojas Colombianas. Universitas Scientiarum*, 12(3), 9.

Zambrano, J. C., Benavides, H. R., y Burbano, J. L. (2018). *Analysis of the microclimatic conditions of the city of San Juan de Pasto. Revista EIA*.

Zatorska, B., Moser, D., Diab-Elschahawi, M., Ebner, J., Lusignani, L. S., & Presterl, E. (2021). *The effectiveness of surface disinfectants and a Micellic H2O2 based water disinfectant on Candida auris. Journal De Mycologie Medicale*, 31(4), 101178. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2021.101178>

Anexos

Anexo A. Valores de pH y T° recolectados en los muestreos

Tabla 1.

Valor de T° y pH para cada alícuota día 1

DÍA	HORA	T°	pH
Martes (24/Oct)	7:10 - 7:20 am.	16.50	7.80
	7:20 - 7:30 am.	16.00	8.10
	7:30 - 7:40 am.	16.30	8.10
	7:40 - 7:50 am.	16.20	8.40
	7:50 - 8:00 am.	16.10	8.30
	8:00 - 8:10 am.	16.10	8.40
	8:10 - 8:20 a.m.	16.10	8.30
	11:00 - 11:10 a.m.	16.80	8.70
	11:10 - 11:20 a.m.	16.30	8.60
	11:20 - 11:30 a.m.	16.30	8.60
	11:30 - 11:40 a.m.	16.20	8.70
	11:40 - 11:50 a.m.	16.20	8.80

*Parámetros determinantes en la variación de las colonias de *Cándida auris* en aguas residuales*

11:50 - 12:00 p.m.	16.10	8.70
12:00 - 12:10 p.m.	16.20	8.70
5:10 - 5:20 p.m.	16.00	8.20
5:20 - 5:30 p.m.	15.80	8.30
5:30 - 5:40 p.m.	15.70	8.30
5:40 - 5:50 p.m.	15.70	8.30
5:50 - 6:00 p.m.	15.70	8.40
6:00 - 6:10 p.m.	15.70	8.50
6:10 - 6:20 p.m.	15.80	8.40

Tabla 2.

Valor de T° y pH para cada alícuota día 2

DÍA	HORA	T°	pH
Jueves (26/Oct)	7:10 - 7:20 am.	16.10	8.10
	7:20 - 7:30 am.	16.10	8.10
	7:30 - 7:40 am.	16.30	8.40
	7:40 - 7:50 am.	16.20	8.30

Parámetros determinantes en la variación de las colonias de Cándida auris en aguas residuales

7:50 - 8:00 am.	16.30	8.40
8:00 - 8:10 am.	16.30	8.50
8:10 - 8:20 a.m.	16.30	8.40
11:00 - 11:10 a.m.	16.80	8.50
11:10 - 11:20 a.m.	16.70	8.50
11:20 - 11:30 a.m.	16.90	8.70
11:30 - 11:40 a.m.	16.90	8.60
11:40 - 11:50 a.m.	16.90	8.80
11:50 - 12:00 p.m.	16.70	8.70
12:00 - 12:10 p.m.	16.80	8.60
5:10 - 5:20 p.m.	16.30	8.00
5:20 - 5:30 p.m.	16.30	8.10
5:30 - 5:40 p.m.	16.00	8.10
5:40 - 5:50 p.m.	15.80	8.50
5:50 - 6:00 p.m.	16.00	8.50
6:00 - 6:10 p.m.	16.00	8.60
6:10 - 6:20 p.m.	16.00	8.50

Tabla 3.

Valor de T° y pH para cada alícuota día 3

DÍA	HORA	T°	pH
Martes (31/Oct)	7:10 - 7:20 am.	17.50	8.13
	7:20 - 7:30 am.	16.50	7.87
	7:30 - 7:40 am.	15.60	7.83
	7:40 - 7:50 am.	15.90	7.69
	7:50 - 8:00 am.	16.80	7.83
	8:00 - 8:10 am.	16.00	8.31
	8:10 - 8:20 a.m.	16.50	8.10
	11:00 - 11:10 a.m.	15.20	7.76
	11:10 - 11:20 a.m.	15.30	7.91
	11:20 - 11:30 a.m.	15.40	8.00
	11:30 - 11:40 a.m.	15.60	8.04
	11:40 - 11:50 a.m.	15.80	7.83
	11:50 - 12:00 p.m.	15.30	7.92
12:00 - 12:10 p.m.	15.30	7.91	

	5:10 - 5:20 p.m.	15.80	7.68
	5:20 - 5:30 p.m.	15.30	7.70
	5:30 - 5:40 p.m.	15.10	7.77
	5:40 - 5:50 p.m.	15.00	7.77
	5:50 - 6:00 p.m.	15.40	7.83
	6:00 - 6:10 p.m.	15.10	7.93
	6:10 - 6:20 p.m.	15.10	7.90

Tabla 4.

Valor de T° y pH para cada alícuota día 4

DÍA	JORNADA	T (°C)	pH
Jueves (2/Nov)	7:10 - 7:20 am.	16.10	7.53
	7:20 - 7:30 am.	15.60	7.61
	7:30 - 7:40 am.	16.00	7.94
	7:40 - 7:50 am.	15.80	8.22
	7:50 - 8:00 am.	15.60	7.89
	8:00 - 8:10 am.	15.60	7.98

Parámetros determinantes en la variación de las colonias de Cándida auris en aguas residuales

8:10 - 8:20 a.m.	15.60	7.95
11:00 - 11:10 a.m.	15.70	8.02
11:10 - 11:20 a.m.	15.70	7.97
11:20 - 11:30 a.m.	16.10	8.30
11:30 - 11:40 a.m.	16.20	8.08
11:40 - 11:50 a.m.	16.30	8.03
11:50 - 12:00 p.m.	15.60	7.96
12:00 - 12:10 p.m.	15.60	7.95
5:10 - 5:20 p.m.	15.70	7.70
5:20 - 5:30 p.m.	15.00	7.71
5:30 - 5:40 p.m.	15.00	7.78
5:40 - 5:50 p.m.	15.10	7.78
5:50 - 6:00 p.m.	15.20	7.81
6:00 - 6:10 p.m.	15.20	7.93
6:10 - 6:20 p.m.	15.10	7.80

Anexo B. Matriz de las UFC de los días de muestreo

Tabla 13.

Unidades formadoras de colonias de Candida auris y otros del primer día de muestreo

HORARIO	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCO (UFC)
Mañana	0	450	500	600	2500	2050
Medio día	100	650	600	800	2700	2250
Noche	0	500	300	450	1100	1600

Tabla 14.

Unidades formadoras de colonias de Candida auris y otros del segundo día de muestreo

HORARIO	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCO (UFC)
Mañana	100	700	700	750	2500	2100
Medio día	200	800	900	900	3900	2750
Noche	0	600	500	450	1750	2000

Tabla 15.

Unidades formadoras de colonias de Candida auris y otros del tercer día de muestreo

HORARIO	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCO (UFC)
Mañana	150	800	450	650	3650	2250
Medio día	100	300	350	450	1550	1550
Noche	0	400	300	300	1500	1350

Tabla 16.

*Unidades formadoras de colonias de *Candida auris* y otros del cuarto día de muestreo*

HORARIO	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCO (UFC)
Mañana	0	600	400	500	1150	1700
Medio día	0	600	450	750	1650	1900
Noche	0	350	250	150	1000	1250

Anexo C. pruebas de correlación y p. values

Tabla 17.

Resumen de la prueba de correlaciones de Spearman

Variables	pH	T° (°C)	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/L)	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCA (UFC)
pH	1	0.664	-0.155	-0.100	0.306	0.469	0.636	0.561	0.469	0.633
T° (°C)	0.664	1	0.382	0.500	0.682	0.860	0.838	0.823	0.916	0.989
SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	-0.155	0.382	1	0.500	0.581	0.239	0.252	0.354	0.451	0.378
SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/L)	-0.100	0.500	0.500	1	0.205	0.552	0.366	0.520	0.433	0.524
CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	0.306	0.682	0.581	0.205	1	0.639	0.527	0.606	0.751	0.673
CANDIDA ALBICANS (UFC)	0.469	0.860	0.239	0.552	0.639	1	0.701	0.777	0.724	0.869
CANDIDA TROPICALIS (UFC)	0.636	0.838	0.252	0.366	0.527	0.701	1	0.813	0.833	0.878
CANDIDA GLABRATA (UFC)	0.561	0.823	0.354	0.520	0.606	0.777	0.813	1	0.758	0.857
CANDIDA KRUSEI (UFC)	0.469	0.916	0.451	0.433	0.751	0.724	0.833	0.758	1	0.922
CANDIDA AURIS BLANCA (UFC)	0.633	0.989	0.378	0.524	0.673	0.869	0.878	0.857	0.922	1

Tabla 17.

Resumen P values de correlaciones de Spearman

T° (°C)	pH	T° (°C)	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/L)	CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	CANDIDA ALBICANS (UFC)	CANDIDA TROPICALIS (UFC)	CANDIDA GLABRATA (UFC)	CANDIDA KRUSEI (UFC)	CANDIDA AURIS BLANCA (UFC)
pH	0	0.031	0.654	0.776	0.362	0.149	0.040	0.078	0.149	0.042
T° (°C)	0.031	0	0.248	0.121	0.026	0.001	0.002	0.003	<0.0001	<0.0001
SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	0.654	0.248	0	0.121	0.066	0.480	0.456	0.287	0.167	0.253
SÓLIDOS VOLÁTILES (mg/L)	0.776	0.121	0.121	0	0.546	0.083	0.270	0.106	0.186	0.103
CANDIDA AURIS AZUL (UFC)	0.362	0.026	0.066	0.546	0	0.039	0.100	0.053	0.011	0.028
CANDIDA ALBICANS (UFC)	0.149	0.001	0.480	0.083	0.039	0	0.020	0.008	0.016	0.001
CANDIDA TROPICALIS (UFC)	0.040	0.002	0.456	0.270	0.100	0.020	0	0.004	0.003	0.001
CANDIDA GLABRATA (UFC)	0.078	0.003	0.287	0.106	0.053	0.008	0.004	0	0.010	0.002
CANDIDA KRUSEI (UFC)	0.149	<0.0001	0.167	0.186	0.011	0.016	0.003	0.010	0	<0.0001
CANDIDA AURIS BLANCA (UFC)	0.042	<0.0001	0.253	0.103	0.028	0.001	0.001	0.002	<0.0001	0