



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE
BIODEGRADACIÓN DE LOS HONGOS *PLEUROTUS*
OSTREATUS Y *CITRINOPILEATUS OSTREATUS* EN
AGUAS RESIDUALES DE FAENAMIENTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: IVONNE DANIELA CRESPO CAJAMARCA

DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS

CO-DIRECTOR: BLGA. MARJORIE JAZMIN SALAZAR ORELLANA

CUENCA-ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE BIODEGRADACIÓN DE
LOS HONGOS *PLEUROTUS OSTREATUS* Y *CITRINOPILEATUS*
OSTREATUS EN AGUAS RESIDUALES DE FAENAMIENTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

AUTOR: IVONNE DANIELA CRESPO CAJAMARCA

DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS

CO-DIRECTOR: BLGA. MARJORIE JAZMIN SALAZAR ORELLANA

CUENCA-ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Ivonne Daniela Crespo Cajamarca portador de la cédula de ciudadanía N° 010680945-2. Declaro ser único autor de la obra: “Evaluación del potencial de biodegradación de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* en aguas residuales de faenamiento”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 18 de octubre de 2021.



Ivonne Daniela Crespo Cajamarca
0106809452

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ivonne Daniela Crespo Cajamarca, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Matovelle Bustos', written in a cursive style.

Carlos Marcelo Matovelle Bustos
DIRECTOR

DEDICATORIA

Esta tesis va con todo mi cariño y amor para mis padres, este no es solo mi logro, es el resultado de su trabajo, sacrificio y esfuerzos por darme una carrera universitaria con el afán de ayudarme a construir un futuro más próspero, mismos que agradezco y valoro de todo corazón, y una vez más, les dedico a ustedes mi tesis y toda mi futura vida profesional, gracias por los valores inculcados, el tiempo prestado y su apoyo absoluto.

Los amo.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento infinito por el apoyo incondicional de mi papi, Carlos Francisco, por todo el sacrificio que ha hecho para ayudarme a cumplir uno de mis tantos sueños, gracias por no dejarme vencer y los ánimos constantes que jamás me faltaron; a mi mami, Claudia, por ser el eje en mi vida, la parte estricta y fuerte que no me deja desviar la atención hacia nuevos objetivos, sin primero terminar las pequeñas metas propuestas. A Karlita por permitir verme como un modelo, aunque siendo realistas, tú eres mi verdadero ejemplo, tu responsabilidad, pasión y vocación en lo que haces, y la infinita bondad de tu corazón son cosas que terminas enseñando y me haces anhelar aprender. Y a Miguel, sin ti, nada de esto fuera posible, gracias por todas las horas prestadas, la ayuda incondicional en todo este proceso y siempre. Y sobre todo gracias por ese coraje prestado para no dejarme caer ni personal, ni académicamente, te amo con el alma entera.

Gracias, porque ustedes cuatro son mi motor de vida.

Al personal docente del laboratorio CITT, de manera puntual a la Bióloga María de Lourdes y al Doctor Juan Carlos por la ayuda brindada durante el tiempo de experimentación de mi investigación, y a mis tutores, el Ing. Carlos Matovelle y la Bióloga Jazmín Salazar.

RESUMEN

La principal causa de contaminación por aguas residuales procedente de camales; es que, son descargadas directamente a los cuerpos hídricos, muchas de las veces sin haber tenido un tratamiento previo. En el Ecuador, los camales están obligados a regirse bajo los parámetros establecidos por el texto unificado legislación secundaria, media ambiente (TULSMA); el mismo, exige que las aguas residuales deben llevar consigo tratamientos de recuperación; sin embargo, estos son costosos e inclusive son difíciles de manejar por parte del personal técnico, por tal razón, esta investigación pretende buscar una solución eficiente, amigable con el planeta, fácil de utilizar y económica. Se trabajó con 12 muestras de agua post-faenamiento, 3 tratamientos con 2 repeticiones, en las que se utilizó 3g. y 5 g. de *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus*, para degradar la materia orgánica. Se analizó la concentración de materia orgánica medida como DQO antes y después de la intervención de los hongos, donde se observó resultados prometedores en degradación, como se contempla al día 15 con concentraciones de 3 g. de los hongos teniendo valores de 2284 mg/L y 2326 mg/L a 1748 mg/L y 1953 mg/L respectivamente; mientras que, al utilizar 5 g. de los hongos se obtuvo una degradación de 2553 mg/L y 2485 mg/L a 1635 mg/L y 1727 mg/L en el día 10.

Palabras clave: biodegradar, aguas residuales, camal, materia orgánica.

ABSTRACT

The main cause of contamination by wastewater from animal feedlots is that they are discharged directly into water sources, often without having had a previous recovery treatment; in the case of municipal animal feedlots in Ecuador, they are forced to comply with the TULSMA, where it is requested that wastewater must carry recovery treatments, these are expensive and often become difficult to handle for the technical staff. For these reasons, the research aims to find an efficient solution, friendly to the planet, easy to use, and economical. We have worked with 12 post-faenning water samples, with 3 treatments of 2 repetitions, in which 3 g. and 5 g. of *Pleurotus ostreatus* and *Citrinopileatus ostreatus* were used to degrade the organic matter. The concentration of organic matter measured as COD before and after the intervention of the fungi was analyzed, where a high decrease was observed, from values of 2284 mg/L and 2326 mg/L to 1748 mg/L and 1953 mg/L at day 15 respectively, in the same way, the second with concentrations of 2553 mg/L and 2485 mg/L decreasing to 1635 mg/L and 1727 mg/L at day 10. The treatment with the application of the fungi with a concentration of 5 g was the best result.

Keywords: biodegradation, wastewater, animal feedlot, organic matter

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD.....	- 3 -
CERTIFICACIÓN.....	- 4 -
DEDICATORIA.....	- 5 -
AGRADECIMIENTOS.....	- 6 -
RESUMEN.....	- 7 -
ABSTRACT.....	- 8 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	- 9 -
LISTA DE FIGURAS.....	- 11 -
LISTA DE TABLAS.....	- 13 -
LISTA DE ANEXOS.....	- 14 -
CAPÍTULO I.....	- 15 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 15 -
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 17 -
1.2 HIPÓTESIS.....	- 17 -
1.3 ANTECEDENTES.....	- 17 -
1.4 OBJETIVOS.....	- 18 -
1.4.1 <i>Objetivos General</i>	- 18 -
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	- 18 -
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	- 19 -
CAPÍTULO II.....	- 21 -
2. MARCO TEÓRICO.....	- 21 -
2.1 EL AGUA.....	- 21 -
2.2 EL AGUA EN EL PLANETA.....	- 21 -
2.2.1 <i>Ciclo hidrológico</i>	- 21 -
2.3 CALIDAD DEL AGUA.....	- 22 -
2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD.....	- 22 -
2.5 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	- 23 -
2.5.1 <i>Aguas residuales domésticas</i>	- 24 -
2.5.2 <i>Aguas residuales agrícolas</i>	- 24 -
2.5.3 <i>Aguas residuales industriales</i>	- 25 -
2.5.4 <i>Aguas residuales pecuarias</i>	- 25 -
2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR MATERIA ORGÁNICA (MO).....	- 26 -
2.7 EL RÍO COMO RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES.....	- 28 -

2.8	CAMAL	- 29 -
2.9	TIPOS DE CAMALES O MATADEROS	- 29 -
2.10	PROCESOS DE FAENAMIENTO	- 30 -
2.11	RECEPCIÓN Y ESTABULACIÓN DEL GANADO	- 30 -
2.12	SACRIFICIO Y OPERACIONES PREPARATORIAS	- 31 -
2.13	MANIPULACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE PRODUCTOS.....	- 31 -
2.14	CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN CADA PROCESO	- 32 -
2.15	HONGOS DE PODREDUMBRE BLANCA	- 32 -
2.16	HONGO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	- 33 -
2.17	HONGO <i>CITRINOPILEATUS OSTREATUS</i>	- 34 -
2.18	PROPIEDADES DE BIORREMEDIACIÓN	- 35 -
2.19	REACCIÓN DEL HONGO EN AGUAS RESIDUALES.....	- 36 -
CAPÍTULO III.....		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 37 -
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA Y ÁREA DE ESTUDIO.....	- 37 -
3.2	MATERIALES.....	- 38 -
3.3	ORGANISMOS	- 38 -
3.4	SIEMBRA DE ORGANISMOS.....	- 38 -
	3.4.1 <i>Extracción del micelio</i>	- 38 -
3.5	EXTRACCIÓN DEL AGUA RESIDUAL	- 38 -
3.6	SEPARACIÓN Y TABULACIÓN	- 39 -
3.7	CALCULO DE DQO.....	- 39 -
3.8	TIPO DE DISEÑO.	- 41 -
3.9	VARIABLES	- 41 -
	3.9.1 <i>Variables Dependientes</i>	- 41 -
	3.9.2 <i>Variables Independientes</i>	- 41 -
3.10	POBLACIÓN Y MUESTRA	- 41 -
CAPÍTULO IV		- 43 -
4.	RESULTADOS	- 43 -
5.	DISCUSIÓN.....	- 48 -
CAPÍTULO V		- 50 -
6.	CONCLUSIONES.....	- 50 -
CAPÍTULO VI		- 51 -
7.	RECOMENDACIONES	- 51 -
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 52 -
ANEXOS.....		- 58 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo del agua	- 22 -
Figura 2: Vías para el desecho de aguas residuales domésticas.....	- 24 -
Figura 3: Ganadería intensiva	- 25 -
Figura 4: Ganadería extensiva	- 25 -
Figura 5: Sala de recepción del ganado	- 30 -
Figura 6: Sala de sacrificio y despiece de ganado.....	- 31 -
Figura 7: Morfología del Hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	- 34 -
Figura 8: Morfología de hongo ostra de oro (<i>Pleurotus citrinopileatus</i>).....	- 35 -
Figura 9: Ubicación del Camal Municipal.....	- 37 -
Figura 11: Dispersión de DQO (mg/l) de <i>Pleurotus ostreatus</i> (3g. y 5g.) y <i>Citrinopileatus ostreatus</i> (3g. y 5g.)	- 46 -
Figura 12: Dispersión Estandarizada de DQO (mg/l) de <i>Pleurotus ostreatus</i> (3g. y 5g.) y <i>Citrinopileatus ostreatus</i> (3g. y 5g.)	- 47 -
Figura 13 Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> formándose en Cajas petri.	- 58 -
Figura 14 Micelio en formación del hongo <i>Pleurotus citrinopileatus</i>	- 58 -
Figura 15: Medio líquido donde se colocó el micelio del <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Pleurotus citrinopileatus</i>	- 59 -
Figura 16 Desinfección de pinzas con calor	- 59 -
Figura 17. Siembra de 8mm del micelio de los hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>citrinopileatus</i> -	- 60 -
Figura 18 Sellado hermético de botellas.....	- 60 -
Figura 19 Hongo <i>Pleurotus citrinopileatus</i> en crecimiento dentro del medio líquido	- 61 -
Figura 20 Crecimiento del micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	- 61 -
Figura 21 Micelio siendo colado por medio de papel filtro.	- 62 -
Figura 22 Micelio retenido.	- 62 -
Figura 23 Medición de 3g de micelio por medio de balanza.....	- 63 -
Figura 24 Colocación del micelio en la balanza analítica	- 63 -
Figura 25 Medición de 5g de micelio por medio de la balanza analítica	- 64 -
Figura 26 Tanques del Camal de Gualaceo	- 64 -
Figura 27 Muestras de agua Recolectadas dentro de las instalaciones del Camal de Gualaceo.-	- 65 -
Figura 28 Muestras de agua Recolectadas	- 65 -
Figura 29 Agua residual	- 66 -
Figura 30 Muestras de agua residual a ser analizadas junto con los 3g de cada hongo.	- 66 -
Figura 31 Muestras de agua residual con los hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Citrinopileatus ostreatus</i> dentro del equipo de laboratorio	- 67 -
Figura 32 Colocación de las muestras de agua dentro del equipo de laboratorio.....	- 67 -
Figura 33 Programación del equipo	- 68 -

Figura 34 Extracción de muestras previas al análisis	- 68 -
Figura 35 Análisis DQO de las muestras de agua	- 69 -

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1: Parámetros de calidad del agua.....	- 23 -
Cuadro 2: Diagrama de flujo del proceso.....	- 26 -
Cuadro 3: Principales contaminantes presentes en el tratamiento de aguas residuales	- 27 -
Cuadro 4: Clasificación por cantidad de animales procesados al día	- 29 -
Cuadro 5: Contaminación del agua en cada etapa de faenamiento.....	- 32 -
Cuadro 6: Clasificación	- 33 -
Cuadro 7: Parámetros de Crecimiento el hongo Pleurotus ostreatus.....	- 34 -
Cuadro 8 Tabulación de los tratamientos y repeticiones	- 39 -
Cuadro 9. Listado de tratamientos	- 42 -
Cuadro 10: Resumen de promedios diarios de resultados de DQO obtenidos de las muestras, de Pleurotus ostreatus (3g. y 5g.) y Citrinopileatus ostreatus (3g. y 5g.).....	- 43 -
Cuadro 11: Resumen del porcentaje de degradación parcial de materia orgánica de muestras, inoculadas con Pleurotus ostreatus (3g. y 5g.) y Citrinopileatus ostreatus (3g. y 5g.)...-	- 44 -
Cuadro 12: Prueba de comparación múltiple de Fischer ($P < 0,05$) de Pleurotus ostreatus (3g. y 5g.) y Citrinopileatus ostreatus (3g. y 5g.) a los 5 y 12 días.....	- 45 -

LISTA DE ANEXOS

Figura 13 Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> formándose en Cajas petri.	- 58 -
Figura 14 Micelio en formación del hongo <i>Pleurotus citrinopileatus</i>	- 58 -
Figura 15: Medio líquido donde se colocó el micelio del <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Citrinopileatus</i> <i>ostreatus</i>	- 59 -
Figura 16 Desinfección de pinzas con calor	- 59 -
Figura 17. Siembra de 8mm del micelio de los hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Citrinopileatus</i> <i>ostreatus</i>	- 60 -
Figura 18 Sellado hermético de botellas.....	- 60 -
Figura 19 Hongo <i>Pleurotus citrinopileatus</i> en crecimiento dentro del medio líquido	- 61 -
Figura 20 Crecimiento del micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	- 61 -
Figura 21 Micelio siendo colado por medio de papel filtro.....	- 62 -
Figura 22 Micelio retenido.	- 62 -
Figura 23 Medición de 3g de micelio por medio de balanza.....	- 63 -
Figura 24 Colocación del micelio en la balanza analítica	- 63 -
Figura 25 Medición de 5g de micelio por medio de la balanza analítica	- 64 -
Figura 26 Tanques del Camal de Gualaceo	- 64 -
Figura 27 Muestras de agua Recolectadas dentro de las instalaciones del Camal de Gualaceo. - 65 -	
Figura 28 Muestras de agua Recolectadas	- 65 -
Figura 29 Agua residual	- 66 -
Figura 30 Muestras de agua residual a ser analizadas junto con los 3g de cada hongo.	- 66 -
Figura 31 Muestras de agua residual con los hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Pleurotus</i> <i>citrinopileatus</i> dentro del equipo de laboratorio	- 67 -
Figura 32 Colocación de las muestras de agua dentro del equipo de laboratorio.....	- 67 -
Figura 33 Programación del equipo	- 68 -
Figura 34 Extracción de muestras previas al análisis	- 68 -
Figura 35 Análisis DQO de las muestras de agua	- 69 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el agua es considerada como un derecho, el eje principal para un desarrollo sostenible y la puerta a un crecimiento económico; sin embargo, no siempre se considera la importancia existente entre el recurso hídrico y los sistemas de saneamiento, pese a que juntos representan la reducción de enfermedades, mejor calidad de vida y el aumento de productividad de las poblaciones beneficiadas (ONU, 2004).

Se considera que, de todas las aguas residuales existentes en el mundo, solo el 20% lleva un tratamiento de recuperación, en el caso de China el 80% de sus ríos presentan altos índices de contaminación, llegando a un punto de no ser aptos para el consumo humano e incluso no son recomendables para el uso en la higiene textil; de igual manera, en Estados Unidos dos de cada cinco ríos presentan niveles de contaminación tan altos en donde no se aconseja llevar a cabo actividades como la pesca deportiva (Rodríguez, 2017). Según la Organización de las Naciones Unidas, señala que en los próximos años la demanda del recurso será superior en un 40% a la provisión existente (ONU, 2011).

En Ecuador, gran parte de los ríos de las regiones costa, sierra y oriente están expuestos a altos porcentajes de contaminación por descarga de aguas residuales de diferente procedencia, en especial las de origen de faenamiento (Cominanex, 2018). Ya que la demanda de alimentos a nivel poblacional ha aumentado en los últimos años, especialmente de origen animal y sus derivados; por lo tanto, incrementan la cantidad residual, estos terminan mezclándose con el agua durante los procesos de manufactura y son desembocados en el río sin ser previamente tratados; esta acción, provoca el aumento de materia orgánica dentro del cuerpo hídrico (Vintimilla, Villa, López, Andrade, & Narváez, 2017).

Es por esto que, muchos investigadores han optado en realizar tratamientos biológicos (bacterias y hongos) en estos medios para eliminar los contaminantes presentes en sus aguas, principalmente materia orgánica soluble e insoluble, nitrógeno y fósforo libre; siendo sensibles a los procesos degradativos de microorganismos. Entre los procesos que realizan se encuentra la disminución y equilibrio de materia orgánica; así como, la coagulación de sólidos coloidales no sedimentables. Sin embargo, para que efectúen su función debe cumplir con los requerimientos

nutricionales, estabilidad de materia orgánica y factores ambientales para cada microorganismo (Buitrón, Reino, & Carrera, 2018).

Por esta razón, se ha optado por el uso de basidiomicetos de pudrición blanca, ya que contiene un paquete enzimático (lacasas, manganeso peroxidasa y lignina peroxidasa) que cumplen con la función de oxidar compuestos de origen fenólico y similares (Kandelbauer & Guebitz, 2005).; la acción de estas enzimas ocurre durante el metabolismo secundario; es decir, en el momento que existe limitación de nutrientes, de esta manera van sintetizando y fragmentando cualquier polímero para su provecho (Urrutia, 2019). Entre las mejores opciones para la elección de cepas tenemos del hongo del género *Pleurotus* debido al avance como biotecnología en la degradación de materia orgánica, compuestos químicos (Gómez, y otros, 2008) y remoción de colorantes (Ruiz, 2011).

Por lo anteriormente descrito, se considera factible evaluar el potencial biodegradador de las cepas *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* en aguas residuales post-faenamiento del camal de Gualaceo, considerando que hay que establecer cuáles van a ser las condiciones idóneas para obtener un buen crecimiento de cada micelio, comparar las diferentes cantidades de los hongos inoculados con respecto a la disminución de materia orgánica en las aguas residuales post-faenamiento y finalmente evaluar la tasa de degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales post-faenamiento.

1.1 Planteamiento del problema

En Ecuador, durante estos últimos años, el desarrollo poblacional urbana y rural se ha incrementado de forma exponencial generando un aumento en la demanda de la industria alimentaria para suplir sus necesidades; un claro ejemplo es el crecimiento en el consumo de la carne y sus derivados; en efecto a esto, se amplifica los sacrificios de los animales en el camal, generando desechos orgánicos que se mezclan con el agua y son descargados a un cuerpo hídrico cercano (González, y otros, 2018).

Dentro de las aguas residuales que se dan en los procesos de faenamiento y despiece de ganado porcino y bovino, se tiene residuos en el agua como sangre, estiércol, pelaje, purines, grasa, huesos y diversos compuestos químicos; de la misma manera, la concentración de contaminantes en agua dependerá de la cantidad de animales sacrificados, la descarga de cada sección del matadero y la separación de cada descarga (Gutiérrez y otros, 2004). Usualmente, estos efluentes poseen una mayor temperatura en comparación con otros; además, de contener un elevado índice patógeno, compuestos orgánicos y nitrógeno (Poblete, 1996). El valor promedio de residuos generados por un bovino faenado de 365 libras es del 31% del peso vivo, entre líquidos rúmiales, heces, orina, sangre, sólidos y agua de limpieza, se estima que el agua residual que lo compone posee valores en materia orgánica de 6444 mg/L (Cun & Álvarez, 2017).

Si no se toma las correctas medidas preventivas en el manejo de las aguas residuales, el efecto será irreversible para la flora y fauna del medio; inclusive aumentaría el malestar en los sectores aledaños a los ríos que desemboquen estas aguas dando a lugar a los malos olores y residuos sólidos suspendidos; al mismo tiempo causando complicaciones sanitarias, enfermedades crónicas trasmisibles entre la población cercana y deterioro de recursos naturales.

1.2 Hipótesis

Los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* disminuyen la carga orgánica que se encuentra presente en las aguas residuales de faenamiento.

1.3 Antecedentes

Desde el inicio del siglo se ha visto diversas investigaciones en donde los hongos del género *Pleurotus spp*, de podredumbre blanca (HPB) ayudan en diversos tipos de suelos y aguas residuales para lograr su recuperación y remediación. Es así que diversos investigadores han ayudado a ampliar este campo que aporta un beneficio

para el ambiente, como por ejemplo Marquez y otros (2000), quienes utilizaron al hongo *Pleurotus ostreatus* para la biodegradación de hidrocarburos poli-cíclicos aromáticos encontrados en el suelo, lo realizaron mediante un previo cultivo del hongo en trigo para posteriormente inocularlo al suelo; la característica inicial del suelo fue: 50% de pireno, 68% de antraceno y 63% de fenantreno, esos ya estaban en el suelo por 21 días después del inicio del ensayo y arrojaron resultados bastante prometedores, en donde se alcanzaron porcentajes de degradación del 75%, 80% y 75% respectivamente. Así mismo, Hestbjerg y otros (2003), utilizaron al hongo *Pleurotus ostreatus* con el afán de degradar los heterocíclicos e hidrocarburos policíclicos presentes en el suelo, se utilizaron tres tratamientos: testigo (T1), con aserrín (T2) y cultivo con *Pleurotus ostreatus* (T3), se cuantificó la actividad de la lacasa y la concentración de los compuestos aromáticos, observando que cumple una excelente función como biorremediador.

En cambio, Gacura (2009) utilizó al hongo *Pleurotus ostreatus* en la remoción de sedimentos en el Río Mahoning; en donde, con anterioridad se cultivó en grano de trigo al hongo 10% y en aserrín 80% durante 6 semanas; Se observó que durante las primeras semanas hubo una disminución significativa de los contaminantes entre un 50%-60% en referencia a todos los tratamientos. De la misma manera, Vallejo (2021), utilizó las enzimas lacasas de los hongos *Pleurotus ostreatus* adjunto con la biomasa residual para lograr la disminución de metales pesados y colorantes de la industria textil en sus aguas residuales; se obtuvo como resultados que los micelios de los hongos son tolerantes a la concentración de metales como fue de 20, 40, 60, 80 y 100 mg/L; además, que tuvo una retención de Pb donde se alcanzó una eficiencia al 75 %, después la retención de Cr con 42% y finalmente Cd con una bioadsorción del 5.5%.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos General

Evaluar el potencial biodegradador de las cepas *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* en las aguas residuales post-faenamiento.

1.4.2 Objetivos Específicos

Determinar las condiciones idóneas para el crecimiento del micelio del *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus*.

Comparar las diferentes concentraciones de los hongos inoculados en la disminución de la materia orgánica de las aguas residuales post- faenamiento.

Evaluar la cinética de degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales post-faenamiento por acción de los hongos.

1.5 Justificación

La principal causa de contaminación por aguas residuales procedente de mataderos, es que son descargadas directamente a un cuerpo hídrico, provocando el aumento de la concentración de materia orgánica, manifestando disminución e incluso la ausencia de oxígeno en el agua (Balladares, 1998). Si bien, en el anexo 1, de la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes dictamina que “Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para los usos asignados a las aguas en sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación” (Ministerio del Ambiente, 2003) donde se exige a la municipalidad que las aguas residuales del camal deben pasar primero por un proceso de depuración; estos métodos son bastante costosos por los materiales que se utilizan generalmente químicos, previo al encuentro con el sistema de agua para el uso público urbano.

Se toma en cuenta que durante el proceso para transformar los productos cárnicos que se expendan comercialmente se genera sangre, agua de limpieza, orina, heces, lana, residuos de carne, intestinos y alimentos sin digerir. Este tipo de aguas se originan en los corrales, en donde después de lavarlos el agua se mezcla con el estiércol y orinas, se suma a los pisos de desangrado, locaciones de despique y eviscerado presentando altas concentraciones de sangre y residuos orgánicos en general (Veall, 1993).

Por lo que se pretende analizar la posibilidad de usar biotecnologías que transforme y degrade la concentración de materia orgánica presente en el agua residual procedente de los mataderos para mejorar la calidad del afluente de agua municipal. Los hongos de pudrición blanca poseen un paquete enzimático especializado para utilizar eficazmente las fuentes de carbono que se les presenta; además, se ha visto que esta especie puede desdoblar polímeros, carbohidratos y lípidos (Sánchez & Royse, 2001). Ante lo expuesto y con el gozo de los conocimientos adquiridos durante las horas de clases en la universidad, se realizó este trabajo investigativo de campo en busca de posibles soluciones para mitigar la contaminación por materia orgánica en aguas residuales; razón por la cual, considero el uso de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* para mitigar este inconveniente, ya que es una biotecnología

que genera excelentes resultados en el campo de biorremediación de las aguas procedentes de la industria minería, textil y petrolera.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El agua

Es el mejor solvente en estado natural; actúa frente a diversas sustancias y juega un papel primordial en la vida del planeta, transporta todos los compuestos minerales en la superficie de la tierra (Marsily, 2003). En cambio, para el ser humano contribuye en toda función biológica como es en el caso del metabolismo y en la vida cotidiana como el funcionamiento de fuentes eléctricas, para mantener las medidas sanitarias y para producir alimento tanto vegetal, como animal (Bossingham, Carnell, & Campbell, 2005). Este elemento es tan esencial porque se ha demostrado la existencia de organismos que pueden vivir sin oxígeno y luz, pero no sin la presencia del agua (Grandjean, Reimers, & Buycx, 2003).

2.2 El Agua en el Planeta

El agua es considerada como el bien máspreciado del planeta; dado, que es indispensable para todo organismo vivo. El 97.3% del agua está distribuido en el océano y el 2.7% es agua dulce ubicado en riachuelos, ríos, lagos y cuerpos de agua subterráneo; sin embargo, dentro de este último porcentaje solo el 0.4% es accesible (Córdoba, Del Coco, & Basualdo, 2010). Por lo tanto, se puede decir que es un recurso escaso; además, a esto se suma el crecimiento poblacional y la contaminación que se provoca día a día de manera exponencial (McDonald, y otros, 2014).

2.2.1 Ciclo hidrológico

Se llama ciclo del agua o hidrológico a un conjunto de procesos de distribución continua entre los diferentes estados del agua a nivel del planeta. Los principales factores para que ocurra este acontecimiento son la gravedad, litósfera, atmósfera y el sol; este último, es el más importante debido a que afecta de manera directa a las fuentes hídricas como es el océano (Jequier & Constant, 2010). El agua del océano se evapora y llega a la atmósfera en cantidades altas (86%), en cambio a nivel continental las proporciones son menores (14%), esta fase es transportada por el viento, hasta alcanzar un ambiente propicio para la condensación, reiniciando el nuevo ciclo (Figura 1). El tiempo que toma para realizar este proceso puede ser dentro de unos segundos e incluso millones de años, dependiendo de la dinámica terrestre y la ubicación; además, aunque el balance hidrológico sea relativamente constante, las moléculas de agua libres circulan de manera rápida en el ambiente colaborando con la

vida terrestre; de la misma manera, no está excepto de los factores como el tiempo y ubicación geográfica (Nebel & Wright, 2000). Se calcula que el volumen hídrico que ocupa dentro de la hidrósfera es de 1386 millones de Km³, de este total el 86.5% corresponde al agua salada de los océanos y el 3.5% al agua dulce; de esta última, el 69% se distribuye en estado sólido en los glaciares, el 30% del agua subterránea y el 1% a los ríos y cuerpos acuíferos (Christopherson, 1997).



Figura 1: Ciclo del agua

Referencia: (USGS, 2010)

2.3 Calidad del Agua

Este es un parámetro de referencia existente, para estándares relacionados tanto con la seguridad de la salud humana, como la salud de los ecosistemas; es esencial para evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales entre la población (UNEP, 2008).

2.4 Parámetros de calidad

El agua cuenta con cualidades tanto químicas como físicas, mismas que son apropiadas para disolver diferentes compuestos de la naturaleza, tanto orgánicos como inorgánicos; dada esta característica se puede encontrar adjunto al agua abundantes sustancias en diferentes estados, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, lo que modificará su estado inicial; además de su característica disolvente, posee la facultad de desarrollar micro vida, convirtiéndose en un medio complejo para ser

analizado tanto cuantitativa como cualitativamente (Metcalf & Tchobanoglous, 1998). Dentro de los parámetros para monitorear la calidad del agua, se debe reflejar la medida de control, factibilidad del funcionamiento y adaptabilidad a una respuesta adecuada, teniendo diferentes grupos como:

Cuadro 1: Parámetros de calidad del agua

FÍSICOS	QUÍMICOS	BIOLÓGICOS
Transparencia	Iones	Coliformes totales
Temperatura	Oxígeno disuelto (OD)	Estreptococos fecales
Turbidez	Compuestos nitrogenados	Coliformes fecales
Color	Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	
Olor	Demanda química de oxígeno (DQO)	
Sabor	Carbono orgánico total (COT)	
Temperatura	Aceite y grasas	
Conductividad eléctrica	pH	
pH	Cloruro (Cl ⁻), cloro (Cl ₂) e hipoclorito (ClO ⁻)	
	Amoniaco (NH ₃), nitritos (NO ₂ ⁻) y nitratos (NO ₃ ⁻)	
	Iones de metales pesados	
	Fósforo total	
	Detergentes	

Fuente: (Aznar, 2000)

2.5 Clasificación de las aguas residuales

La contaminación está ligada de manera directa e indirecta por la mano del hombre o sus actividades; así que es importante estudiar las causas que originan este problema, considerando 4 grupos principales:

- Aguas residuales domésticas
- Aguas residuales pecuarias
- Aguas residuales de origen agrícola
- Aguas residuales industriales

2.5.1 Aguas residuales domésticas

Son aguas desechadas, provenientes de zonas residenciales y de uso similar como actividad comercial, oficina, entre otros; que se recolectan en un sistema profundo de alcantarillas. Estas aguas se caracterizan por contener sólidos inferiores al 1%. Entre los principales contaminantes presentes están: la materia orgánica, sólidos, grasas, detergentes y gérmenes (Romero, 2000).

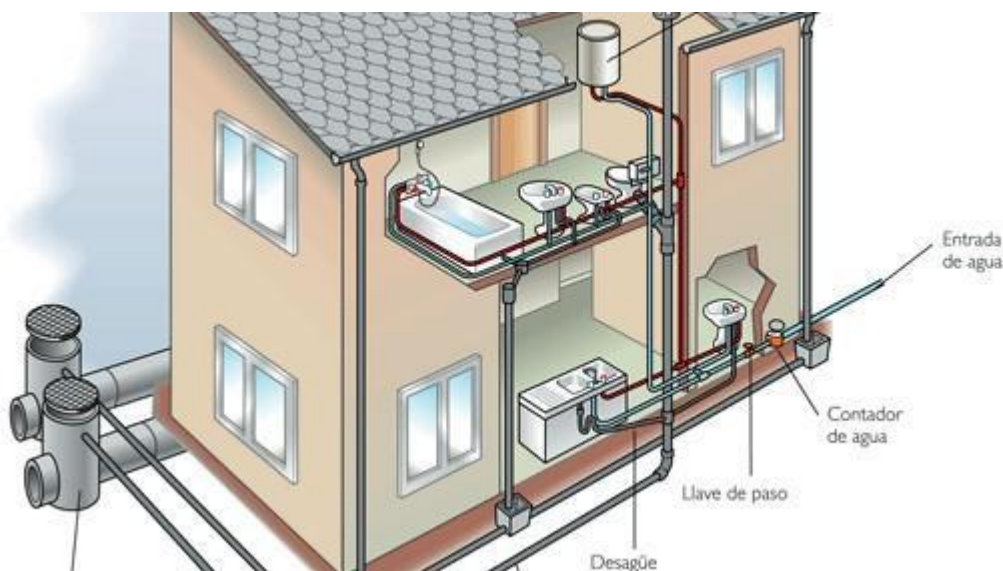


Figura 2: Vías para el desecho de aguas residuales domésticas

Fuente: (Picasso, 2016)

2.5.2 Aguas residuales agrícolas

Este tipo de aguas se diferencian por el contenido de pesticidas, sales y altas concentraciones de sólidos suspendidos; además, se caracterizan por su procedencia ya que se originan de la escorrentía de las superficies agrícolas (Pulido et al. 2019). El porcentaje de contaminación está ligada a la extensión del terreno, el medio donde se encuentra ubicado y el tipo de explotación que se dedique; a su vez, el total de agua residual, es la cantidad que se genera durante el transcurso del riego, este representa el 21% del agua que no es aprovechada por la planta. También se ha determinado que la producción de las aguas residuales de este tipo se encuentra relacionadas a la técnica de riego, siendo la menos invasiva por goteo y el más perjudicial por inundación (Castillo, 2020).

Investigadores han constatado que el uso sin control de nutrientes en los cultivos contribuyen a este tipo de malestar; ya que, si los fertilizantes son aplicados a un ritmo mayor al que la planta absorbe, estos producen despojos; los cuales, se mezclarán con las capas superficiales o se filtrarán a las capas más internas, llegando

a los cuerpos de agua interna; de la misma manera las biosferas acuáticas han sido afectadas por el exceso de nutrientes produciendo eutrofización, afectando directamente a los niveles de oxígeno en el agua (García & Miranda, 2018).

2.5.3 Aguas residuales industriales

Este tipo de aguas están constituidas por desechos líquidos procedentes de fábricas o compañías que fabrican un bien material o artículo que demanda un mercado determinado; en donde el proceso de producción utiliza grandes cantidades el agua, aunque también se debe incluir a hospitales y comercios inferiores (ANDI, 1997). Independientemente de la industria, una porción de agua, proveniente de la sección de abastecimiento, y se transformará en agua residual como, por ejemplo:

- Agua de proceso
- Agua de uso de limpieza
- Agua para refrigeración o calefacción (Rodríguez et al., 2014).

2.5.4 Aguas residuales pecuarias

El empleo de agua para el consumo, mantenimiento y sanitización de los animales está sujeto a la producción pecuaria. Estas producen remanentes del líquido conociéndose como aguas residuales pecuarias. La cantidad de los desechos de agua está unida a la intensidad de explotación ganadera; ya que, en la ganadería de modo intensiva, por lo general se generan vertidos que salen directamente a los cauces (Figura 3); mientras que, las no estabuladas forman contaminantes no concentrados y difusos, por lo que dificulta su control (Figura 4). Por lo usual, las características de esta agua es que las concentraciones de materia orgánica y sólidos suspendidos son altas (Santos , 2013).



Figura 3: Ganadería intensiva

Fuente: (Piccardo, 2005)



Figura 4: Ganadería extensiva

Fuente: (Casero, 2020)

Los productos procedentes de animales, el animal vivo o la leche del ganado vacuno son sometidos para dar un valor agregado; por lo cual, se accede a un proceso para que sea consumido; de esta manera, se deriva diversos productos lácticos y cárnicos; para este último, incluye diversas actividades, en especial el sacrificio del ganado (Gonzalez, 1995). Dentro de todos estos procesos el agua se mezcla con diferentes desechos derivados de animales (Figura 5).

Cuadro 2: Diagrama de flujo del proceso

Insumo principal	Fase de proceso	Flujo de desechos principal mezclado con agua
Agua	Recepción y alojamiento del ganado	Estiércol Mortalidades
Agua	Aturdimiento y sacrificio	Sangre Agua residual
Agua	Eliminación de cuero, depilación/ desplume	Pieles Plumas Pezuña Cabeza
Agua	Eviscerado	Vísceras Estiércol
Agua	Despiece y lavado de la canal	Recortes de carne Grasa
Agua	Deshuesado	Aguas residuales
Agua	Enfriamiento	Aguas residuales
Agua	Envasado	
Agua	Almacenamiento en frío	

Fuente: (Steinfeld, y otros, 2006)

2.6 Contaminación del agua por materia orgánica (MO)

La materia orgánica disuelta es un complejo unido de diversos compuestos macromoleculares como sustancias húmicas, aminoácidos e hidratos de carbono, que causan color, olor, sabor y son ideales para el crecimiento de ciertos microorganismos patógenos (Baker, 2001). La contaminación de agua por MO puede tener diversos orígenes como desechos domésticos, ganaderos, agrícolas e industriales (Mostofa , Yoshioka , Konohira , & Tanoue , 2007).

Las sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales son principalmente las proteínas, mismas que indican valor de entre 40 y 60%, los carbohidratos entre un 25 y un 50%, y finalmente las grasas, que se representan en un

10% (Fernández, Rodríguez, García, Santana, & Córdova, 2015). Se establece la cantidad de carbono orgánico total (COT) de manera directa e indirecta por el DQO, además del parámetro en la calidad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO); no obstante, estas pruebas no demuestran el tipo de componente del contaminante existente (Fuentes , Ramos , Jiménez , & Esparza , 2015).

En el Cuadro 3 se representa un breve resumen de los contaminantes de mayor importancia al momento de examinar el agua y sus efectos sobre la misma.

Cuadro 3: Principales contaminantes presentes en el tratamiento de aguas residuales

Contaminante	Parámetros representativos principales	Fuente				Posibles efectos del contaminante
		Aguas residuales		Escorrentía		
		Domésticas	Industriales	Urbana	Agrícola y de pastoreo	
Sólidos suspendidos	Total de sólidos suspendidos	XXX	← →	XX	X	- Problemas estéticos - Depósitos de lodos - Adsorción del contaminante - Protección de patógenos
Materia orgánica biodegradable	Demanda bioquímica de oxígeno	XXX	← →	XX	X	- Consumo de oxígeno - Muerte de peces - Condiciones sépticas
Nutrientes	Nitrógeno, fosforo	XXX	← →	XX	X	- Crecimiento excesivo de algas - Toxicidad para los peces (amoníaco) - Enfermedades en recién nacidos (nitrato) - Contaminación del agua subterránea
Patógenos	Coliformes	XXX	← →	XX	X	- Enfermedades transmitidas por el agua
Materia orgánica no biodegradable	Pesticidas, algunos detergentes, otros	X	← →	X	XX	- Toxicidad (varios) - Espuma (detergentes)

						- Reducción de la transferencia de oxígeno (detergentes) - No biodegradabilidad - Mal olor (es decir, fenoles)
Metales	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.)	X	← →	X		-Toxicidad - Inhibición del tratamiento biológico de lodos residuales - Problemas con el uso agrícola de lodos - Contaminación de las aguas subterráneas
Sólidos inorgánicos disueltos	Total de sólidos disueltos (Conductividad)	XX	← →		X	- Salinidad excesiva /daño a las plantaciones (riego) - Toxicidad para las plantas (algunos iones) - Problemas con la permeabilidad del suelo (sodio)
X: pequeño XX: medio XXX: alto FLECHAS: variante VACIO: por lo general, sin importancia						

Fuente: (WWAP, 2017)

2.7 El río como receptor de Aguas Residuales

Según (Agua.org.mx, 2007), por lo general, la materia orgánica que ingresa al río proviene de desechos alimentarios, industrias y aguas negras domésticas; las mismas, son degradadas por bacterias, protozoarios y otros macro-organismos presentes en el medio acuático, todo este proceso ocurre en presencia del oxígeno; de este modo va convirtiendo sustancias ricas en energía en compuestos desprovistos de energía.

Si el río se mantiene con suficiente aeración no existirá inconvenientes para regresar a las condiciones naturales a las que se encontraba antes de verter el contaminante orgánico; sin embargo, si la contribución de oxígeno es insuficiente, la degradación se vuelve anaeróbica, induciendo a la eutrofización y demás compuestos putrefactos. Además, hay que tomar en cuenta que la fauna acuática también consume oxígeno (Félez, 2009).

2.8 Camal

Según la (Ley de mataderos N° 502-C de la junta militar de Gobierno del Ecuador) en el art. 2 “Se entiende por Mataderos o Camales Frigoríficos, el establecimiento dotado de instalaciones completas y equipo mecánico adecuado para el sacrificio, manipulación, elaboración, preparación y conservación de las especies de carnicerías bajo varias formas, con aprovechamiento completo, racional y adecuado de los subproductos no comestibles, cuando la cantidad justifique su aprovechamiento industrial. Poseerán instalaciones de frío industrial proporcionales a su tamaño” (Crespo, 2003).

El principal objetivo del camal es proporcionar carne manipulada por personas con todos los estándares sanitarios en lo que corresponde dentro de los métodos y técnicas de higiene, ya sea en el sacrificio del animal o en el desarrollo de la canal por medio de una segmentación rigurosa de ordenamientos (limpios y sucias); a su vez, favorecer de manera efectiva la inspección del producto (carne) y el correcto manejo de subproductos de desecho, de este modo eliminando toda posibilidad de peligro biótico a la población y medio ambiente

2.9 Tipos de camales o mataderos

Según la (FAO, 1993), la capacidad operacional de un matadero se puede clasificar en:

Cuadro 4: Clasificación por cantidad de animales procesados al día

Tamaño	Cantidad de animales procesados
Pequeño	< a 50 animales / día
Mediano	50 - 110 animales / día
Grande	> a 100 animales / día

Fuente: (Veall, 1993)

Además, se puede clasificar también por el tipo de existencia del camal:

- Administración pública local
- Cooperativas de productores
- Empresa comercial probada

- Órgano para-estatal encargado de la facilitación regional/ nacional (Veall, 1993)

2.10 Procesos de faenamiento

Dentro de las normativas zoonosanitarias actuales, la mayoría de los países tienen la obligación de cumplir con su correcta examinación de los diferentes animales que ingresen al plantel de faenamiento; las mismas, que deben constar con un sector para instalar animales en sospecha de cualquier patología; a su vez, debe consignar con un médico veterinario para la autorización del sacrificio (Vazquez & Casp, 2004).

Entre de todos los procesos que se realizan en el camal, se pueden dividir en 3 grupos, las mismas producen varias afecciones a nivel ambiental:

- Recepción y estabulación del ganado.
- Sacrificio y operaciones.
- Manipulación y transformación de productos.

2.11 Recepción y estabulación del ganado

Esta es la primera etapa según el Ministerio de Agricultura y Ganadería y Agencia de Regulación Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad), los animales son receptados hacia el corral, brindándoles descanso hasta que sean sacrificados. Así mismo, se inspecciona a los animales en busca de algún síntoma o patología evidencial; esto es realizado por un médico veterinario mediante auscultación y diagnóstico visual, si el animal presenta algún problema de salud, este será puesto en cuarentena e informado a las autoridades zoonosanitarias; mientras que, en el caso de que no exista ningún inconveniente se le suministrara libremente agua, sin alimento (Gallo, 2014)

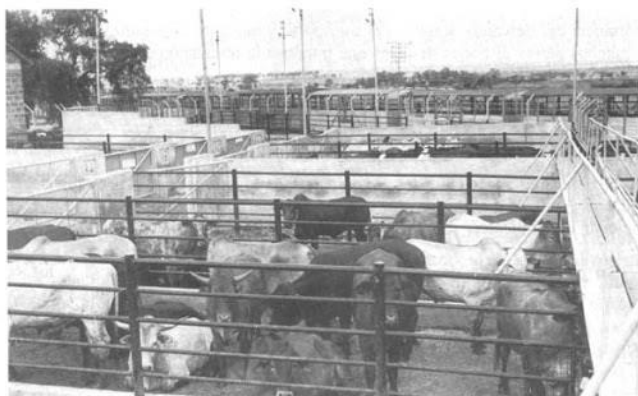


Figura 5: Sala de recepción del ganado

Fuente: (Veall, 1993)

2.12 Sacrificio y operaciones preparatorias

En la segunda fase se aturde e insensibiliza al animal, este proceso se lo produce por pérdida del conocimiento antes de ser desangrado; entre los diferentes métodos conocidos tenemos el choque eléctrico, desnucado, pistola de aire y punción al corazón, esto se lo debe ejecutar de una forma rápida para que el sangrado sea más efectivo y el pH de la carne tenga una acidez baja; entre los despojos que genera durante este proceso tenemos sangre y aguas residuales. Posteriormente al aturdimiento se realiza de forma inmediata el desangrado con la ayuda de materiales libres de óxido e impurezas; una vez muerto y desangrado el animal, se corta el cuerpo, lava sus partes y se cuelga para eviscerarlo manualmente; entre los desechos que se originan están: los residuos sólidos, sangre, agua residual y contenido ruminal (López, 2004).



Figura 6: Sala de sacrificio y despiece de ganado

Fuente: (Montes de Oca, 2018)

2.13 Manipulación y transformación de productos

En el Ecuador, la mayoría de los camales municipales concluyen con la fase anteriormente descrita, donde las canales serán comercializadas a diversas carnicerías para la producción de los diferentes cortes de las piezas, posteriormente distribuyéndose a mercados, tiendas y supermercados (De Juan Vigaray, 2008). En este período, la carne se limpia, lava y congelan; además, de que se empaquetan y procesan (productos sub-cárnicos grasa comestible y sebo). Según la FAO dentro del tratamiento y compensación de los subproductos de origen animal para consumo u otro uso, se clasifican de la siguiente manera (Veall, 1993):

- Alimentos: mondongos, grasa bovina de consumo, vísceras y sangre comestible.
- Productos farmacéuticos: Glándulas (hormonas)
- Industriales: Piel, cuero y sebo.
- Agricultura: Carne, sangre, hueso y fertilizantes.

2.14 Contaminación del agua en cada proceso

Dentro de cada fase de faenamiento generan ciertos tipos de residuos contaminantes al agua tanto porcinos y bovinos, como se ve en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Contaminación del agua en cada etapa de faenamiento

Etapas	Contaminantes	Contaminación
Recepción de animales	Orín - Heces	Contenido de materia orgánica
Estabulación	Orín - Heces	Compuestos nitrogenados
Aturdimiento	Orín	Compuestos nitrogenados
Sangrado	Sangre	DBO ₅ de 200.000 mg /L en sangre cruda – Alto contenido de materia orgánica
Escaldado	Grasa – Sangre – Heces – Excremento – Residuos sólidos	Alto contenido de materia orgánica
Depilado	Pelo	Alto contenido de materia orgánica
Chamuscado	Pelo – Escamas de piel	Alto contenido de materia orgánica
Eviscerado/ Lavado	Contenido visceral – Sangre - Grasa	Alto contenido de materia orgánica
Triperias	Contenido Visceral	Alto contenido de materia orgánica
Lavado	Sustancias orgánicas, detergentes y desinfectantes	Alto contenido de materia orgánica

Referencia: (Vazquez & Casp, 2004)

2.15 Hongos de Podredumbre blanca

El término podredumbre blanca, se refiere al método degradativo que sufre la madera o plantas arbustivas, por acción y presencia de un hongo, bajo ciertas condiciones específicas como el pH, temperatura, humedad y luz (Dickinson & Pugh, 1974). Se

conoce dos tipos de podredumbre blanca, la tipo 1 forma de cavidades cilíndricas en las paredes estructurales del árbol por medio de la acción de la descomposición y el tipo 2 representa a las que degradan la madera en forma completa (Corbett, 1965).

Para cumplir con esta función requieren de un paquete enzimático especializado que oxidan compuestos de origen fenólico, se reconoce que los compuestos ligninocelulósicos se reducen hasta en un 70% en CO₂ y H₂O (Manzano, y otros, 2004). El paquete enzimático se encuentra conformado por las lacasas, manganeso peroxidasa, lignino peroxidasa y las productoras de peróxido; por lo general, actúan durante el metabolismo secundario, ósea en el período limitado de nutrientes, donde el hongo se limita a sintetizar y fragmentar los polímeros (Sathiya, y otros, 2006).

En el ámbito ambiental, esta biotecnología ha sido implementada en técnicas para remoción y biorremediación mediante la acción de enzimas, dirigidas a poblaciones microbiológicas específicas para medir la biomasa activa, demanda de oxígeno y sustracción de fósforo (Whiteley & Lee, 2006).

2.16 Hongo *Pleurotus ostreatus*

Es también conocido como hongo ostra, es un hongo saprótrofo muy comercializado en el mundo, siendo el segundo más consumido debido a sus peculiaridades organolépticas, propiedades nutritivas y características en biorremediación, siendo una biotecnología prometedora para el avance de estudios en las ramas de medicina, veterinaria y ambiental (Upadhyay, Verma, Singh, & Yadav, 2002).

En la naturaleza este hongo se prolifera en la corteza de los árboles, pedazos de madera, arbustos, entre otras plántulas leñosas; sin embargo, mediante el cultivo controlado los sustratos utilizados son residuos agroindustriales como paja, bagazos, ya que puede utilizar a la lignina celulosa y hemicelulosa para su alimentación (Acosta & Bustos, 1998). La clasificación taxonómica de este hongo se puede ver en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Clasificación

Reino	Fungi
División	<i>Basidiomycotina</i>
Clase	<i>Homobacidiomicete</i>
Subclase	<i>Hymenomicete</i>
Orden	<i>Agaricales</i>

Familia	<i>Tricholomataceae</i>
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i> <i>citrinopileatus</i>

Referencia: (Sanchez & Royce, 2008)

Es importante tener en cuenta que este organismo biótico es susceptible a diversos factores como la temperatura, humedad, ventilación, luz, concentración de CO₂, esto a su vez es dependiente a la etapa de crecimiento del hongo Cuadro 7.

Cuadro 7: Parámetros de Crecimiento el hongo *Pleurotus ostreatus*

Factores Ambientales	Spawn	Formación de primordios	Desarrollo del cuerpo fructífero
Duración (días)	12-21	3-5	4-7
Temperatura (°C)	24	10-15.6	10-21
Humedad (%)	85-95	95-100	85-90
Luz (Lux)	n/a	1000-1500	1000-1500
Concentración de CO ₂ (ppm)	5000	<1000	<1000

Referencia: (Stamets, 2005)



Figura 7: Morfología del Hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Fuente: (Maduabuchi, 2016)

2.17 Hongo *Citrinopileatus ostreatus*

Esta variante del *Pleurotus* se caracteriza por la forma de embudo de los pileos, presentando un color crema o gris amarillento (Ohira, 1990). Se inició a consumir y cultivar en el Suroeste de Asia. Se cree que es una variación del *Pleurotus cornucopiae* originaria de Europa y cultivada en USA y Sureste Asiático (Petersen &

Hughes, 2003). Se mantiene estable a una humedad de 85% a 90%, con una temperatura relativa a 20° C (Medany, 2014). Su clasificación Taxonómica se encuentra en el Cuadro 5. Además, dentro de los parámetros para su adecuado crecimiento son similares a los del *Pleurotus ostreatus* (Cuadro 7).



Figura 8: Morfología de hongo ostra de oro (*Citrinopileatus ostreatus*)

Fuente: (Bulgar, 2020)

2.18 Propiedades de biorremediación

Los compuestos xenobióticos que contaminan al ambiente, son susceptibles a la degradación enzimática que contienen los hongos macroscópicos de pudrición blanca como son lo del género *Pleurotus*, ya que las estructuras químicas de sustancias aromáticas, colorantes, hidrocarburos aromáticos, pesticidas, clorofenoles, entre otros son similares a los compuestos orgánicos que están familiarizados a biodegradar (Cohen, Persky, & Hadar, 2002). Se conocen 3 mecanismos de acción para la remoción de contaminantes, dos de tipo oxidativo y uno reductivo (Quintero, 2011).

- a) Sistema degradativo de lignina: Este ataca a las moléculas orgánicas con radicales libres por medio de la oxidación ejecutada por las lignino peroxidasas y manganeso peroxidasas.
- b) Fase 1 (metabolismo): Mantiene el mecanismo oxidativo; sin embargo, estas son efectuadas por las enzimas citocromo P-450 mono-oxigenasas.
- c) Fase 2 (metabolismo): Actúa un paquete de enzimas catalíticas, modificando los contaminantes sin ser utilizados como sustrato para su crecimiento, más bien la remoción se lo realiza por co-metabolismo; es decir, la transformación

de un co-sustrato en presencia de otro sustrato durante el crecimiento celular (Garcia & Peralta, 2008).

2.19 Reacción del hongo en aguas residuales

Existe diversos estudios que validan la reacción de estos tipos de hongos contra la exclusión de contaminantes en el agua, como es el caso de (Gomez, y otros, 2008). Quienes evaluaron la capacidad de biodecolorar y remover el cromo presente en las curtiembres; mismas, que utilizaban sustancias a base de sulfato de cromo $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ y dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), mediante la acción de *Pleurotus ostreatus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor* y *Aspergillus niger*. El *P. chrysosporium* demostró ser la mejor decolorativa, con respecto a la cantidad de masa ligada, con valores del 39% y 16 mg/l a los 10 días del experimento.

Posteriormente se llevó a esta cepa a inmovilizarla en espuma flex para llevar al tratamiento de aguas residuales, se constató una remoción del 97% CrT, 97 % de Cr (III), 85 % Cr(VI), 12 % DQO y 67 % de color.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica de la zona y área de estudio.

El estudio se llevó a cabo con el agua residual proveniente del Camal Municipal de Gualaceo, mismo que se encuentra, en el barrio San Francisco, perteneciente al casco urbano, a una altura de 2232 m.s.n.m, a 204 metros del Río Santa Bárbara, hay que considerar que aquí se faena un aproximado de 3362 animales entre ganado porcino, bovino, caprino y ovino (GAD Municipal Gualaceo, 2015).

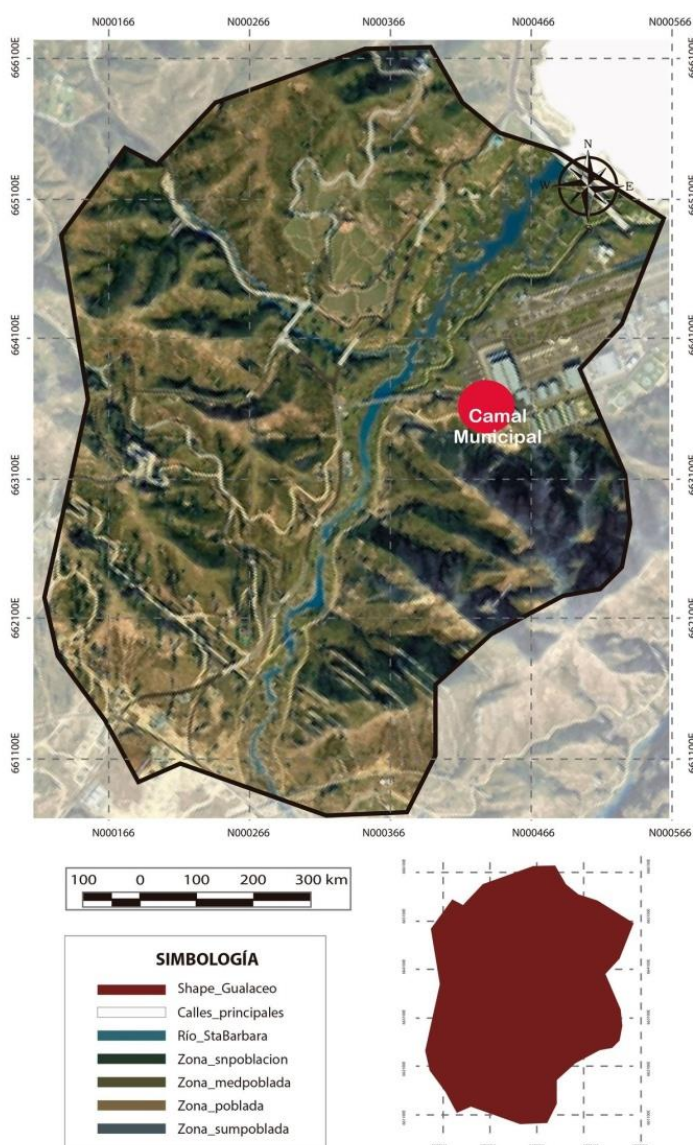


Figura 9: Ubicación del Camal Municipal

Las muestras del agua residual de ahí extraídas, fueron trasladadas al Laboratorio de Contaminación Ambiental y Aguas Residuales del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología CIITT, fueron procesadas.

3.2 Materiales

Entre los materiales biológicos con los que se trabajó son la cepa del *Pleurotus ostreatus* y la del *Citrinopileatus ostreatus*, malta y maicena; los materiales de laboratorio y reactivos que se usó: erlenmeyer, pipetas, cajas petri, mechero y frascos ámbar, cloro, ácido sulfúrico, dicromato de potasio, sulfato ferroso amoniacal, alcohol y equipos de laboratorio: espectrofotómetro, balanzas, agitador, y autoclave.

3.3 Organismos

Para llevar a cabo este trabajo fueron utilizados el hongo *Pleurotus ostreatus*, y *Citrinopileatus ostreatus*, las cepas de estos hongos forman parte del cepario del Laboratorio de Principios Activos y Seguridad Alimentaria del CIITT.

3.4 Siembra de organismos

Para la siembra y el crecimiento micelar se lo realizó mediante la inoculación a un medio líquido esterilizado; el cual, está compuesto de 15g de maicena disuelto en un litro de malta, hay que tomar en cuenta que la esterilización se realizó en una autoclave a 121°C por 2 horas. La cantidad de hongo utilizado fue de 8 mm; el mismo que fue introducido al medio nutritivo realizado y se agitó a 150rpm durante 30 min, dos veces por semana; con la finalidad de que el micelio se mantuviera en filamentos asegurando así su crecimiento (Islam, Tudryn, Bucinell, & al., 2017)

3.4.1 Extracción del micelio

Posteriormente, se realizaron dos extracciones en diferentes tiempos, el uno a los 16 días y el otro a los 24 días. Ambos hongos fueron separados del medio de cultivo líquido a través de la técnica de colación. En la primera extracción se procedió a obtener 3g de cada hongo y en la segunda se obtuvo 5g. Estos fueron colocados en 4 frascos de Erlenmeyer con 200 ml de agua residual post-faenamiento.

3.5 Extracción del agua residual

Considerando que el camal de Gualaceo se encuentra funcionando los 365 días del año, y que todos los días hay faenamiento, se optó por recolectar las muestras del agua residual los días jueves a las 10 de la mañana, esto para asegurar un parámetro

de seguimiento dentro de la investigación. Se recolecto 750 ml de agua residual procedente de los tanques de reservorio del camal, por medio de botellas ambar

3.6 Separación y tabulación

Los frascos ámbar con las muestras fueros colocados en la incubadora a una temperatura de 27°C y una agitación constante. En el tratamiento 1 o testigo se utilizó unicamente agua residual (Ar), el tratamiento 2 lleva AR + 3g de la cepa del hongo *Pleurotus ostreatus*, con dos repeticiones, el tratamiento 3 contiene 3g del *Citrinopileatus ostreatus* + AR, con dos repeticiones; el tratamiento 4 lleva unicamente agua residual con dos repeticiones; el tratamiento 5 esta compuesto por AR + 5g de *Pleurotus ostreatus* con dos repeticiones y finalmente el tratamiento 6, con dos repeticiones, donde hay AR + 5g de *Citrinopileatus ostreatus*

Cuadro 8 Tabulación de los tratamientos y repeticiones

Tratamiento 1	TESTIGO A
	TESTIGO B
Tratamiento 2	3G Replica 1 Po
	3G Replica 2 Po
Tratamiento 3	3g Replica 1 G.o
	3G Rplca 2 G.o
Tratamiento 4	TESTIGO A1
	TESTIGO B1
Tratamiento 5	5 g Replica 1 P.o
	5 g Replica 2 P.o
Tratamiento 6	5 g Replica 1 G.O
	5 g Replica 2 G.O

3.7 Cálculo de DQO.

Para calcular el DQO se realizó la técnica de digestión con dicromato de potasio y los pasos a seguir fueron los siguientes (IDEAM, 2007):

Se precalentó el digestor con 1 hora de anticipación, a una temperatura de 150° C para colocar las muestras seleccionadas.

Se preparó los blancos con agua ultrapura en proporciones de 2.5 ml en un tubo digestor, adicionando 1.5 ml de solución de digestión y 3 ml de ácido sulfúrico. Se administró de una en una las gotitas de ácido sulfúrico por las paredes internas del tubo. Se tapó de forma hermética y se agitó (no se debe invertir el tubo).

Una vez realizado este proceso, se obtiene 6 tubos blancos, la mitad se coloca en digestión en conjunto con las muestras y el restante sin digerir, para estimar la concentración del Sulfato Ferroso Amoniacal (FAS).

Para el tratamiento se agitó fuertemente la muestra, se coloca el tubo de digestión con 2.5ml de muestra, agregando 1.5 ml de solución digestora, más 3.5 ml de ácido sulfúrico, teniendo cuidado como lo explicado con anterioridad. Se tapó y agitó, si presenta coloraciones verdosa o azulada, esto quiere decir que esta dentro de los rangos de lectura, se realizó el mismo procedimiento usando dicromato de potasio 0.25 N.

Se colocaron los tubos con las muestras respectivas, los blancos para digestión y los estándares de control en el micro digestor precalentado a 150°C. Se esperó hasta que se estabilice a 150° C y se dejó en digestión por 2 horas, después se sacó los tubos y se colocó en gradillas para que se enfrié.

Se colocó en un erlenmeyer y lo marcamos para diferenciar la muestra, el blanco y el control.

Para valorar el sulfato ferroso amoniacoal (FAS) se tomó cada blanco no digerido y se colocó en un Erlenmeyer de 125ml, se enjuagó varias veces con agua ultrapura y se sumó 2 gotas del indicador de ferroina, misma que se mezcló con ayuda del agitador magnético. Para la titulación se utilizó dicromato de potación 0.25 N. Se observó si existe cambio en la coloración, entre azul con tonos verdes y un café con toques rojizos.

$$\text{Normalidad de FAS} = \frac{\text{Volumen } (K_2Cr_2O_7) \text{ Normalidad } (K_2Cr_2O_7)}{\text{Volumen (FAS) promedio}}$$

Volumen de Dicromato = 1,5 ó 6 mL.

Concentración del Dicromato de potasio: 0.025, 0.10 N ó 0.25 N

Para poder realizar el cálculo de estos resultados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{DQO como mg } O_2 /L = \frac{(A - B) \times N \times 8 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

3.8 Tipos de diseño.

El ensayo para pruebas de campo en los hongos se dispondrá primero bajo un diseño estadístico no experimental de bloques al azar, donde los resultados obtenidos permiten comparar el efecto estadístico en la disminución de materia orgánica.

Se tuvo 12 muestras bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \text{ con } i=1, \dots, a; \quad j=1, \dots, b$$

- μ corresponde a la media general
- τ_i el efecto del i-esimo tratamiento (fijo o aleatorio)
- β_j el efecto del j-enésimo bloque (fijo o aleatorio)
- ε_{ij} es el error aleatorio.

Después de tener identificadas las muestras con mayor degradación de materia orgánica, se optó por realizar una prueba exacta de Fisher, donde se infla la tasa de error por cada tratamiento y así se estableció diferencias significativas entre cada muestra.

3.9 Variables

Variables Dependientes

DQO (mg/l) es una variable que depende del tiempo para que disminuya su concentración.

Variables Independientes

Tiempo, días es considerada una variable independiente porque ningún factor de la investigación influye sobre ella.

3.10 Población y Muestra

Para la presente investigación se empleó 12 muestras de aguas residuales post-faenado. Distribuidos en 6 tratamientos (T) con 2 repeticiones cada uno, los mismos que serán distribuidos mediante un diseño al azar considerandolos así:

Cuadro 9. Listado de tratamientos

T.1	Testigo
T.2	Testigo
T.3	Agua residual + <i>Pleurotus ostreatus</i> (3g)
T.4	Agua residual + <i>Pleurotus ostreatus</i> (5g)
T.5	Agua residual + <i>Citrinopileatus ostreatus</i> (3g)
T.6	Agua residual + <i>Citrinopileatus ostreatus</i> (5g)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Para evaluar el potencial biodegradador de las cepas *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* de las aguas residuales post-faenamiento, se analizó la materia orgánica presente en el agua residual con el parámetro de (DQO) Demanda Química de Oxígeno de las muestras como indicador de biodegradabilidad; y se fue comparando el efecto estadístico en la disminución de materia orgánica de dos diferentes dosis de hongos inoculados y evaluando la tasa de degradación de las cepas de estudio en un diseño al azar que considera al tiempo como una co-variable individual de cada modelo.

Cuadro 10: Resumen de promedios diarios de resultados de DQO obtenidos de las muestras, de *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
DQO (mg/l)/	Testigo	<i>Pleurotus ostreatus</i> 3g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 3 g.	Testigo	<i>Pleurotus ostreatus</i> 5g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 5 g.
Día 1	2142	2284	2326	2400	2553	2485
Día 2	2100	2300		2350	2649	2443
Día 3				2310	2213	2318
Día 4				2275	2055	2103
Día 5	2020	2175	2305	2250	1911	1955
Día 6				2225	1853	1895
Día 7	2019	2145	2203	2215	1770	1809
Día 9	2000	2003	2148			
Día 10				2100	1635	1727
Día 12	1980	1807	2002	2015	1683	1793
Día 15		1748	1953			
Día 17	1946	1806	1984			

El Cuadro 8 representa el resumen de promedios diarios de resultados de DQO obtenidos de las muestras, de *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.), comparando los promedios diarios de DQO, de 10 muestras

analizadas en el transcurso de 17 días con diferentes cepas y concentraciones. Además, incluyen dos valores referenciales para el estudio global de degradación de materia orgánica. Obteniendo como mejor resultado los días 15 y 12 con 3g y 5g de los hongos respectivamente. Estos valores absolutos abarcan los promedios generales, a partir de los cuales se desarrolla el Cuadro 9, dónde la degradación de materia orgánica se resume a partir de valores porcentuales en base a los datos obtenidos en el primer día de cada cepa.

Cuadro 11: Resumen del porcentaje de degradación parcial de materia orgánica de muestras, inoculadas con *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.)

DQO (mg/l)/ Días	Testigo	<i>Pleurotus ostreatus</i> 3g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 3 g.	Testigo	<i>Pleurotus ostreatus</i> 5g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 5 g.
1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	1,96%	-0,70%		2,08%	-3,78%	1,69%
3				3,75%	13,32%	6,72%
4				5,21%	19,51%	15,38%
5	5,70%	4,77%	1,90%	6,25%	25,13%	21,31%
6				7,29%	27,42%	23,75%
7	5,74%	6,09%	5,31%	7,71%	30,68%	27,19%
9	6,63%	12,30%	7,67%			
10				12,50%	<u>35,95%</u>	<u>30,51%</u>
12	7,56%	20,91%	13,95%	16,04%	34,08%	27,83%
15		<u>23,49%</u>	<u>16,06%</u>			
17	9,15%	20,93%	14,70%			

El Porcentaje de degradación parcial de materia orgánica de muestras, inoculadas con *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.), resumida en el Cuadro 9; indica los grados de degradación relativa con respecto a la muestra original de los diferentes tratamientos, donde el Testigo en el décimo segundo día, alcanza a reducir el DQO en la segunda repetición en un 23,49% y 16,04% en referencia al inoculado con *P. ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* respectivamente con 3g; en cambio, con 5g del tratamiento a los 10 días muestran los mejores valores de degradación alcanzando 35.95% y 30.51% con *P. ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* comparativamente. Estos valores son relativos a la diferencia con el 100% establecido en el Cuadro 8.

A partir de los momentos en los que existe coincidencia en los días de titulación de la DQO, se estableció un análisis de varianza de los valores de DQO (mg/l) totales de cada día (normalizados) y de los valores relativos (percentiles), estableciéndose las diferencias entre variables y frente al testigo en el Cuadro 10. Pruebas de comparación para la degradación parcial de Materia Orgánica de muestras, inoculadas con *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.) a los 5 y 12 días. Las diferencias significativas ($P < 0,05$) de las pruebas LSD Fischer se ven reflejadas en los literales diferentes de los supra índices del mismo Cuadro 10.

Cuadro 12: Prueba comparativa de Fischer ($P < 0,05$) de *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.) a los 5 y 12 días.

DQO (mg/l)/ Días	Testigo A	<i>Pleurotus ostreatus</i> 3g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 3 g.	Testigo B	<i>Pleurotus ostreatus</i> 5g.	<i>Citrinopileatus ostreatus</i> 5 g.
5	5,70% ^b	4,77% ^{ab}	1,90% ^a	6,25% ^b	25,13% ^d	21,31% ^c
12	7,56% ^A	20,91% ^C	13,95% ^B	16,04% ^B	34,08% ^E	27,83% ^D

Tomando en cuenta que los literales establecen diferencias significativas ($P < 0,05$), la Prueba de Comparación Múltiple de Fisher ($P < 0,05$) de *Pleurotus ostreatus* (3g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g.) frente a los tratamientos Testigo A y B a los 5 días, estableció que *Pleurotus ostreatus* (3g.) no difería de los Testigos A y B; sin embargo, si lo hacía con respecto a *Citrinopileatus ostreatus* (3 g.), la cual permanecía estable con respecto a la muestra original. Al comparar con las inoculaciones de 5g; *Pleurotus ostreatus* (5g.) con 25,13% es la que tiene una mayor degradación de la materia orgánica original con respecto a *Citrinopileatus ostreatus* (5 g.) que con 21,31%, ocupa el segundo lugar.

De igual forma el análisis independiente a los 12 días se estableció que *Pleurotus ostreatus* (3g.) con 20,91%, guarda diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto a *Citrinopileatus ostreatus* (3 g.) y los Testigos A y B. De igual forma *Pleurotus ostreatus* (5g.), es la cepa que tiene un mayor índice de DQO con un valor de degradación 34,08%, a los 12 días.

Se estableció que las cepas inoculadas a 5g. Procesan la materia orgánica más rápido que las de 3g; quedando pendiente por establecer la dosis de inauguración adecuada y el tiempo óptimo para la degradación, con más repeticiones experimentales.

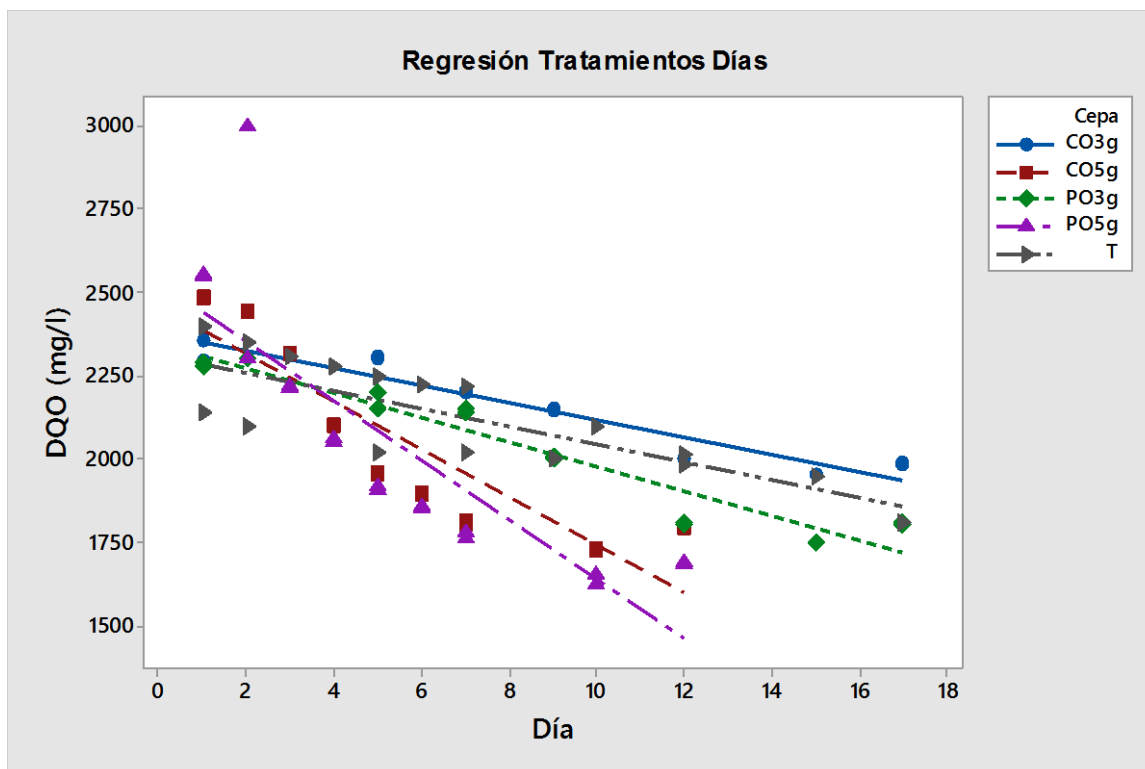


Figura 10: Dispersión de DQO (mg/l) de *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.)

La Figura 10 grafica la distribución espacial de los resultados a través de los días de cada uno de los tratamientos, donde *Pleurotus ostreatus* (5g.) con color Lila (PO5g) demuestra la mayor actividad DQO, seguido por *Citrinopileatus ostreatus* (5 g.) de color Marrón (CO5g). Estos valores se diferencian de *Pleurotus ostreatus* (3g.) con color Verde (PO3) y *Citrinopileatus ostreatus* (3 g.) con color Azul (CO3); las que se comportan de forma similar con el Testigo de color Gris (T). Para comprender mejor la degradación de los tratamientos se modelo la dispersión dependiendo su valor R^2 óptimo, donde *Citrinopileatus ostreatus* (3 g.) con $R^2=91,2$; *Pleurotus ostreatus* (3g.) con $R^2=92,3$ y el Testigo con $R^2=65,4$ se modelaron en una regresión lineal, mientras que para *Citrinopileatus ostreatus* (5 g.) con $R^2=97,4$ y *Pleurotus ostreatus* (5g.) con $R^2=85,3$ se utilizó una cuadrática. Es decir, que existe una correlación negativa, ya que a medida que pasan los días, el porcentaje de degradación de DQO disminuye; sin embargo, se observa que al octavo día hay una fuerte degradación y en el décimo inicia a estabilizarse.

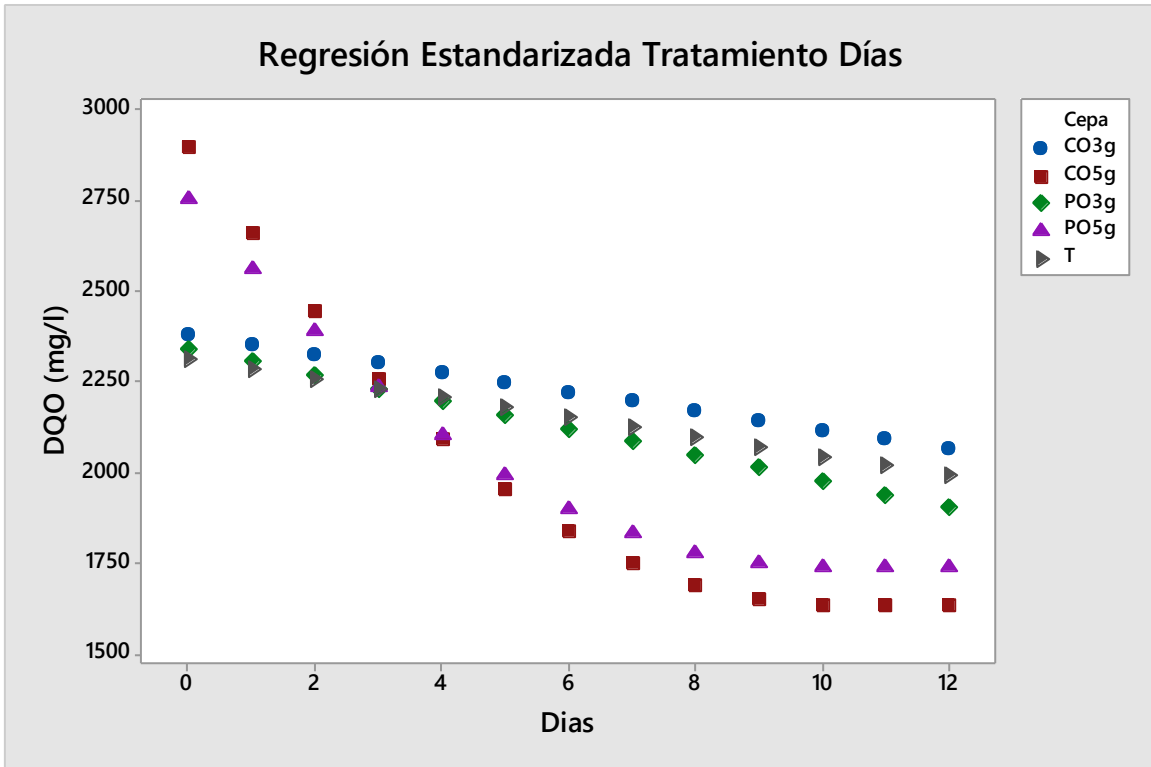


Figura 11: Dispersión Estandarizada de DQO (mg/l) de *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.)

La regresión estandarizada representada en la Figura 11. Establece un descenso gradual de los datos a partir de los promedios establecidos en cada una de las observaciones, logrando ver un descenso gradual menor en los tratamientos a través de los días. En este modelo se representa al *Citrinopileatus ostreatus* (3 g.) de color azul, *Pleurotus ostreatus* (3g.) de color verde y el Testigo de color Gris. Los tratamientos para *Citrinopileatus ostreatus* (5 g.) de color Marrón y *Pleurotus ostreatus* (5g.) de color lila descienden más abruptamente hasta el octavo día, donde la curva se estabiliza gradualmente hasta alcanzar el equilibrio el décimo día. A partir de estos valores se estableció un comparativo de degradación máxima normalizado para los días 1,3, 5, 8 y 10.

5. DISCUSIÓN

En el caso de (Ramírez, 2014) en su trabajo sobre la evaluación in vitro de biorremediación del consorcio microalgal *Chlorella sp* y *Scenedesmus sp*. Sobre la materia orgánica de aguas residuales del camal de Ambato, utilizaron diferentes concentraciones del biorremediador como el 10%, 25%,50%,75%,100% en un volumen de 1 L por 18 días, demostrando el mejor resultado con la concentración del 50%/ lt., obteniendo un DQO de 445 mg/L a los 12 días, observando una mejoría en comparación al inicial del agua residual con una media de DQO de 1330 mg/L (33,46%) evento que se compara con los resultados propios, donde el testigo alcanza a reducir el DQO, en el décimo segundo día con una concentración de 23,49% y 16,04% de *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus*; a diferencia de que si se utiliza 5g del tratamiento a los 10 días se presentan valores de degradación de 35.95% y 30.51% con *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus*.

De acuerdo a (Grisales, Ortega, & Rodriguez, 2012) en la remoción de MO y diferentes tóxicos en aguas residuales de hospitales aplicando ozono, se pudo denotar que el DQO del agua es menor en comparación con los presentados de los camales, teniendo un DQO de 310 ± 123 mg/L, tras el tratamiento con diferentes condiciones de pH (0, 3, 6, 7, 10) el mejor efecto fue el derivado con el pH 10 dando un aumento degradativo del 70% y 62% de la toxicidad. Sin embargo, (Castillo, Bolio, Méndez, Osorio, & Pat, 2012) en la investigación sobre la remoción de MO en aguas residuales provenientes de origen animal, todo esto por medio de un contador biológico rotacional, mismo que consiste en reactores de película fija similares a los filtros biológicos, donde los microorganismos encargados de degradar los contaminantes, están unidos al medio de soporte, aquí indicaron que existe una mayor contaminación en este tipo de aguas, en comparación con las anteriores, presentando un DQO promedio de 4106 mg/L; el método para realizar este trabajo fue por medio de diferentes cargas orgánicas 6.6(T1), 12.2(T2) y 11.6(T3) g DQOs/m² /d y en diferentes tiempos de retención hidráulica de 47.4, 31.6 y 23.7 horas, a 30 rpm. Teniendo al T2 con el mejor resultado con un DQO's de 98.35%, investigaciones que sin duda alguna tienen mejores resultados que los hongos de podredumbre blanca, mismos que se los podría considerar eficientes pero no a la capacidad del contactor biológico rotacional, para poner a prueba estas opciones sería prudente ver el objetivo principal; la eficiencia altamente considerable, o los gastos operatorios que estos métodos incluyen.

(Mejia, 2014) en su investigación sobre la habilidad de la remoción de materia orgánica y color de efluentes de industria textil por medio de biofiltros inoculados con *Pleurotus ostreatus*, en donde se utilizó 4 modelos de filtros (R) para remover materia orgánica en aguas que contienen 8000 mg/L, obtuvo los mejores resultados con R4 (empacado con turba sin esterilizar e inóculo de *P. ostreatus*) en un período de 159 días, logrando alcanzar una reducción del 56.8%, de la misma manera, (Blanco, y otros, 2018) evaluaron el tratamiento secuencia del hongo *Pleurotus ostreatus*, *Phanerochaete crhysosporium* y lo fueron adjuntando con fotocatalisis TiO_2/UV , indicando que a 48 horas posteriores del segundo tratamiento se reduce el índice de DQO en 92%, resaltando que la complicidad entre estos hongos ligninilíticos dan excelentes resultados dependiendo de la cantidad de días que se le mantenga en el medio, como se vio en los resultados de esta investigación, que los días con mejores resultados fueron el 10 y 15 respectivamente.

CAPÍTULO V

6. CONCLUSIONES

La aplicación de *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* favoreció a la disminución del DQO presente en el agua residual del camal, demostrando que el uso de los 5 gr brinda mejores resultados que en comparación de los 3 gr, representando el 36.83% y 43.59% a los 10 días respectivamente.

Para evitar el estrés del micelio en las aguas contaminadas, es preciso elaborar un medio líquido para su correcto crecimiento, el medio base es de 15 gr de micena más 1 lt. de malta, esterilizado a 121°C por 2 horas en una autoclave; subsecuentemente a este, se sembró a 8 mm del hongo y agito 30 minutos.

Se pudo observar que si existe una disminución de la materia orgánica, dándonos resultados favorables con las distintas muestras del *Pleurotus ostreatus* (3g. y 5g.) y *Citrinopileatus ostreatus* (3g. y 5g.); el primero tenía valores de 2284 mg/L y 2326 mg/L disminuyendo a 1748 mg/L y 1953 mg/L al día 15 respectivamente; de la misma manera, el segundo con cantidades de 2553 mg/L y 2485 mg/L reduciendo a 1635 mg/L y 1727 mg/L al día 10 correspondientemente. Teniendo como mejor resultado a los hongos con concentración de 5 g.

Dentro de una tasa comparativa en el agua residual como parámetro de degradación de la materia orgánica con un rango de entre 5 a 12 días, se evaluó que el *Pleurotus ostreatus* (3 g) tuvo concentraciones de 4.77% a 20.91% concorde a los días ya descritos; de la misma manera, el *Citrinopileatus ostreatus* (3g) con 1.90% a 13.95%; igualmente, el uso de los mismos hongos pero con cantidades de 5g, obtuvieron concentraciones de 25.13% a 34.08% y 21.31% a 27.83% respectivamente.

CAPÍTULO VI

7. RECOMENDACIONES

Realizar una futura investigación a base de un análisis de tipo de metabolismo de los organismos dentro del agua residual y las cepas de los hongos inoculados.

Aplicar inductores metálicos en la siembra del hongo para aumentar la actividad enzimática y verificar su comportamiento frente a estas aguas

Probar niveles más altos de los hongos para frente a condiciones similares presentes en esta investigación para dar un valor de inclusión adecuado para el tratamiento de aguas residuales con altas cargas orgánicas.

Unir el bioreactor en conjunto a una biored de hongos ligninolíticos para medir el potencial degradativo de la materia orgánica.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, U., & Bustos, Z. (1998). *Cultivo de Pleurotus ostreatus, en la planta Probiote. (Tesis de grado)*. Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas.
- Agua.org.mx. (8 de Noviembre de 2007). *Contaminación del agua por materia orgánica y microorganismos*. Obtenido de Agua.org.mx: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-materia-organica-y-microorganismos/>
- ANDI. (1997). *Manual de caracterización de aguas residuales industriales*. Medellín: Banco interamericano de desarrollo. ANDI.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros Físico-Químicos de la calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2: 12-19.
- Baker , A. (2001). Fluorescence excitation-emission matrix characterization of some sewage impacted rivers. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 948-53.
- Balladares, A. (1998). *Rellenos sanitarios y tratamiento de residuos líquidos de mataderos municipales*. Washington D.C.: CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). OPS (Organización Panamericana de la Salud).
- Blanco, A., Ramírez, C., Duarte, M., Beltrán, M., Medina, L., Florido, A., . . . Salcedo, J. (2018). A novel textile wastewater treatment using ligninolytic co-culture and photocatalysis with TiO₂. *Univ. Sci.*, 23(03).
- Bossingham, M., Carnell, N., & Campbell, W. (2005). Water balance, hydration status, and fat-free mass hydration in younger and older adults. *Am J Clin Nutr*, 81(6); 1342-1350.
- Buitrón, G., Reino, C., & Carrera, J. (2018). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*. Mexico D.F.: Cytel.
- Bulgar, W. (5 de Junio de 2020). *Hongos ostra de oro (Pleurotus citrinopileatus)* . Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.es/hongos-ostra-de-oro-pleurotus-citrinopileatus-image367368449.html>
- Casero, F. (2020). *Agua para la ganadería extensiva*. Obtenido de Agronoma: <https://sevilla.abc.es/agronoma/noticias/analistas/agua-ganaderia-extensiva/?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Castillo, E., Bolio, A., Méndez, R., Osorio, J., & Pat, R. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. *Ingeniería* , 16 (2); 83-91.
- Castillo, I. (2020). *Aguas agrícolas: concepto, características y contaminantes*. Obtenido de Lifer: <https://www.lifer.com/aguas-agricolas/>
- Christopherson, R. (1997). *An introduction to physical geography*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Cohen, R., Persky, L., & Hadar, Y. (2002). Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58 (5); 582-594.

- Cominanex. (Junio de 2018). *Centro de Faenamiento y Planta Procesadora de cárnicos de Ibarra*. Recuperado el Noviembre de 2020, de https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/Estudio-Impacto-Ambiental/EsIA_CENTRO_FAENAMIENTO_IBARRA.pdf
- Corbett, N. (1965). Micro-morphological studies on the degradation of lignified cell walls by ascomycetes and fungi imperfecti. *J. Inst. Wood Sci*, 4: 18-29.
- Córdoba, M., Del Coco, V., & Basualdo, J. (Diciembre de 2010). Agua y Salud Humana. *Química Viva*, 9(3), 105-119.
- Crespo, C. (2003). Ley de Mataderos N° 502-C La H. Junta Militar de Gobierno. *Ley de Mataderos, Reforma y Reglamento*. Quito, Pichincha, Ecuador: Normalización del SESA.
- Cun, M., & Álvarez, C. (2017). *Estudio de impacto ambiental de un camal municipal urbano en la provincia de el oro. Ecuador*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias.
- De Juan Vigaray, M. (2008). *Comercialización y retailing: distribución comercial aplicada*. Madrid: Pearson.
- Dickinson, C., & Pugh, G. (1974). *Decomposition of wood. En: Biology of plant litter decomposition. Vol 1*. New York: Academic Press.
- Domínguez, O. (2008). Biodegradación de DDT por hongos de la podredumbre blanca. *Biodegradación de DDT por hongos de la podredumbre blanca*. La Habana: FAO.
- Félez, M. (2009). *ituación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya – Departament d'Enginyeria Química.
- Fernández, M. (2003). *Hongos de la podredumbre blanca: Deslignificación y control biológico del pitch en Eucalyptus globulus*. Obtenido de PEDECIBA : file:///C:/Users/intel/Desktop/PROTOCOLO-TESES/Tesis_Mariela_Speranza_Fern%C3%A1ndez_%20HONGOHPB.pdf
- Fernández, M., Rodríguez, D., García, I., Santana, M., & Córdova, V. (2015). Comportamiento de la contaminación orgánica de la bahía de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1: 29-42.
- Fuentes, R., Ramos, J., Jiménez, M., & Esparza, M. (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 31 (3).
- Gacura, M. (2009). *Effect of Pleurotus ostreatus on Bioremediation of PAH Contaminated River Sediment (Tesis de Maestría)*. Youngstown: Youngstown State University.
- GAD Municipal Gualaceo. (Abril de 2015). *MAE Azuay*. Obtenido de Estudio de Impacto Ambiental-Operación de la Unidad de Camal Municipal de Gualaceo: <https://maeazuay.files.wordpress.com/2015/06/eia-camal-gualaceo.pdf>
- Galindo, M. (Mayo de 2015). Plan piloto para la creación de una empresa gestora de desechos orgánicos, provenientes del faenamiento artesanal avícola, a partir del diagnóstico realizado a 10 faenadoras artesanales del sector quitumbre del Distrito Metropolitano. *Universidad de Guayaquil*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Gallo, C. (julio de 2014). Manual de diagnóstico con énfasis en Laboratorio Clínico Veterinario. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- García, F., & Miranda, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. *Unam*, 2(5); 353-367.
- García, M., & Peralta, M. (2008). Cometabolismo en la biodegradación de hidrocarburos. *Rev. Mex. Ing. Quím*, 7(1); 1-12.
- Gariboglio, M., & Smith, S. (1993). Corrosión e incrustación microbiológica en sistemas de captación y conducción de agua. *Hidrología Subterránea*. Consejo Federal de Inversiones.
- Gomez, S., Amaya, D., Maldonado, C., Martínez, M., Quevedo, B., Soto, A., & Pedroza, A. (2008). Evaluación de tres hongos lignolíticos y de *aspergillus niger* como alternativa para el tratamiento de aguas residuales del curtido de pieles. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 24 (3); 93-106.
- Gonzalez, A. (1995). Efectos contaminantes de industrias agroalimentarias: mataderos e industrias cárnicas. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 8; 81-92.
- González, L., Carmona, J., Graue, E., Vital, D., Estrada, G., Sandoval, A., . . . Vargas, M. (2018). *Estudio sobre la protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos*. Mexico D.F.: UNAM, CNDH.
- Googlemaps. (1 de 2021). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Camal+Municipal,+Gualaceo/@-2.8897167,-78.7731769,19z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd058d0d654ddf:0x887d8779ef342ce9!8m2!3d-2.8897967!4d-78.7725029>
- Grandjean, A., Reimers, K., & Buycx, M. (2003). Hydration: issues for the 21st century. *Nutr Rev.*, 61(8); 261-71.
- Grisales, D., Ortega, J., & Rodríguez, T. (2012). Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono. *Dyna*, 173; (109-115).
- Gutiérrez, A., Fernández, G., Martínez, P., Rinderknecht, N., & Poggi, H. (2004). Slaughterhouse Wastewater Treatment in a Full-scale System with Constructed Wetlands. *Water Environ. Res.*, 76, 334-343.
- Hestbjerg, H., Willumsen, P., Christensen, M., Andersen, O., & Jacobsen, C. (2003). Bioaugmentation of tar-contaminated soils under field conditions using *Pleurotus ostreatus* refuse from commercial mushroom production. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22: 692-698.
- IDEAM. (2007). *Demanda química de oxígeno por refluo cerrado y volumétrico*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- Islam, M., Tudryn, G., Bucinell, R., & al., e. (2017). *Morphology and mechanics of fungal mycelium*. Obtenido de Sci Rep 7: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13295-2>
- Jequier, E., & Constant, F. (2010). Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. *Eur J Clin Nutr*, 64(2):115-123.

- Kandelbauer, A., & Guebitz, G. (2005). *Bioremediation for the Decolorization of Textile Dyes*. Obtenido de Springer: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-26531-7_26
- López, R. (2004). *Tecnología de Mataderos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Maduabuchi, K. (2016). Formulation and Evaluation of the Effectiveness of a Novel Hand Sanitizer using *Pleurotus ostreatus* Oyster Mushroom Extract. *International Journal of Pharma Research & Review*, 6(1):7-15.
- Manzano, A., León, T., Arguelles, J., Leal, R., China, R., Guerra, G., . . . Gomez, B. (2004). Hongos de podredumbre blanca con capacidad ligninolítica y acción decolorante sobre el violeta cristal. *Revista biológica*, 18: 26-30.
- Marquez, F., Hernandez, V., & Vásquez, R. (2000). Biodegradation of oil-adsorbed polycyclic aromatic hydrocarbons by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnology Letters*, 22:469-472.
- Marsily, G. (2003). *El agua*. Mexico D.F.: Siglo veintiuno.
- McDonald, R., Weber, K., Padowski, J., Florke, M., Schneider, C., Green, P., . . . Montgomery, M. (Julio de 2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. (P. Eduardo Brondizio, Ed.) *Global Environmental Change*, 27, 96-105.
- Medany, G. (2014). Cultivation possibility of golden oyster mushroom (*pleurotus citrinopileatus*) under the egyptian conditions. *Egypt. J. Agric. Res.*, 92 (2); 749-762.
- Mejía, M. (2014). *Tratamiento de in efluente de la industria textil en biofiltros empacados con tuba inoculada con Pleurotus ostreatus (Tesis de maestría)*. Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Facultad de ingeniería ambiental.
- Metcalf, E., & Tchobanoglous, G. (1998). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana de España S.A.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería y Agencia de Regulación Fito y Zoonosanitario. (25 de Julio de 2019). *Manual de Procedimientos para el Registro de Operadores*. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/fit2.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (31 de marzo de 2003). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. *Libro VI Anexo 1*. Registro Oficial Edición Especial 2.
- Montes de Oca, C. (2018). *Decrece sacrificio decabezas ede ganado*. Obtenido de NTR: <http://ntrzacatecas.com/2018/08/31/decrece-sacrificio-de-cabezas-de-ganado/>
- Mostofa , K., Yoshioka , T., Konohira , E., & Tanoue , E. (2007). Dynamics and characteristics of fluorescent dissolved organic matter in groundwater, river and lake water. *Water Air and Soil Pollut.*, 184: 157-176.
- Nebel, B., & Wright, R. (2000). *Ciencias ambientales, Ecología y desarrollo sostenible*. Meico D.F.: Pearson.
- Ohira, I. (1990). A revisión of the taxonomic status of *Pleurotus citrinopileatus*. *Rep. Tottori Myc. Inst.*, 28;107-114.

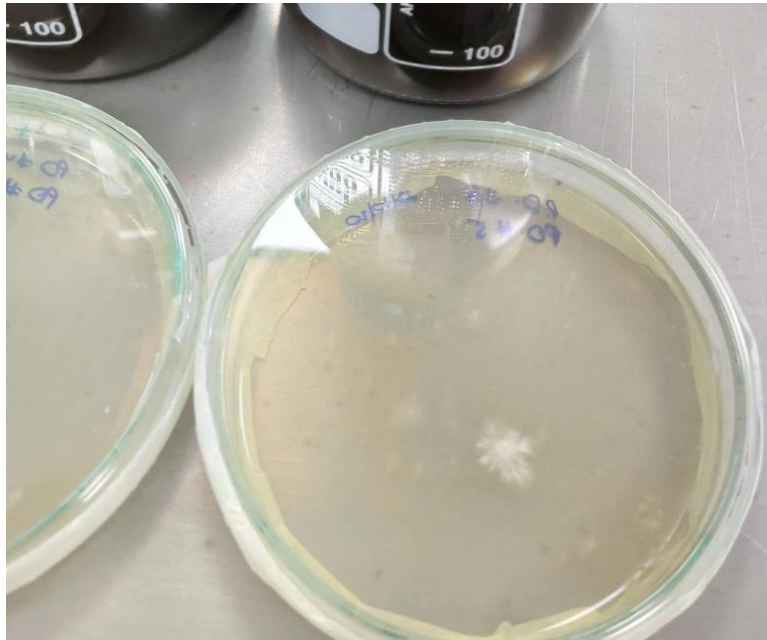
- ONU. (Noviembre de 2004). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales*. Obtenido de El derecho humano al agua y al Saneamiento: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_spa.pdf
- ONU. (Septiembre de 2011). *Organización Naciones Unidas*. Obtenido de El mundo solo trata 20% de sus aguas residuales: <https://obrasweb.mx/soluciones/2017/03/22/el-mundo-solo-trata-20-de-sus-aguas-residuales-alerta-la-onu>
- Petersen, R., & Hughes, K. (2003). Phylogeographic examples of Asian biodiversity in mushrooms and their relatives. *Fungal Divers.*, 13; 95-109.
- Picasso, N. (2016). *SANEAMIENTO DE EDIFICIOS. SISTEMAS DE EVACUACIÓN*. Obtenido de Bla bla deco: <https://blabladeco.com/saneamiento-de-edificios-sistemas-de-evacuacion/>
- Piccardo, H. (2005). *Prevención de Riesgos en el Manejo del Ganado Bovino de Leche y de Carne*. Santiago: ACHS.
- Poblete, C. (1996). Inspección de Ganado y Carnes en Chile. *El campesino*, 10:12-15.
- Pulido , S., Miranda, V., Guavita, M., & Molano, E. (2019). *Origen y Características de las aguas residuales*. Obtenido de PTAR-Uniminuto: <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- Quintero, J. (2011). Revisión: Degradación de Plaguicidas Mediante Hongos de la Pudrición Blanca de la Madera. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 64(1); 5867-5882.
- Ramírez, L. (2014). *Evaluación in vitro de la capacidad de Biorremediación del consorcio microalgal Chlorella sp – Scenedesmus sp., en la biorremoción de materia orgánica de aguas residuales del Camal de Ambato(Tesis de grado)*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Rodríguez. (12 de Marzo de 2017). *lagua*. Obtenido de Las aguas residuales y sus efectos contaminantes: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2014). *tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: Citme, Universidad de Alcalá, CEIM, Comunidad de Madrid.
- Romero, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz, S. (2011). *Evaluación de la remoción del colorante INDIGO utilizado en empresas dedicadas a la producción de telas tipo DENIM empleando a Pleurotus ostreatus como modelo biologico (Tesis)*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk/download/pdf/47067275.pdf>
- Sanchez, J., & Royce, D. (2008). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp. 1a ed.* Chiapas: Editorial UTEHA.
- Sánchez, J., & Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Chiapas: Ecosur.
- Santos , L. (2013). Introducción a la ingeniería ambiental y desalud pública: un componente curricularpara los recién ingresados en el curso degradado en ingeniería sanitaria y ambientalde la universidad federal de bahía, brasil. *Revista AIDIS*, 6(3); 110-119.

- Sathiya, P., Periyar, L., Sasikalaveni, A., & Murugesan, K. (2006). Decolorization of textiles dyes and their effluents using white rot fungi. *Rev. Iberoamericana*, 19: 65-73.
- Stamets, P. (2005). *Growing gourmet and medicinal mushroom*. 3a ed. California: Ten Speed Press.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *La alarga sombra deel ganado: Problemas ambientales y opciones*. Roma: FAO.
- UNEP, G. E. (2008). *Water Quality for Ecosystem and Human Health*. Canada: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System/Water Programme.
- Upadhyay, R., Verma, R., Singh, K., & Yadav, M. (2002). Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* spp. Mexico. *Universidad Autonoma del Estado de Morelos (UAEM)*, 228-232.
- Urrutia, B. (2019). *Tolerancia de Pleurotus Ostreatus a diferentes concentraciones de plomo (tesis)*. Recuperado el 2020, de Universidad Tecnica Federico Santa María: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47870/3560901064595UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- USGS. (2010). *Science for a chainging world*. Obtenido de El Ciclo del Agua, The Water Cycle, Spanish: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Vallejo, M. (2021). *Utilización de Lacasa de Pleurotus ostreatus y su Biomasa Residual para la Degradación de Colorantes Azoicos y la Remoción de Metales en aguas residuales (Tesis de Grado)*. Puebla: Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, Instituto de ciencias.
- Vazquez, R., & Casp, A. (2004). *Tecnología de mataderos*. Barcelona - España: Mundiprensa.
- Veall, F. (1993). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*. Roma: FAO.
- Vintimilla, A., Villa, M., López, G.-E., Andrade, O., & Narváez, J. (2017). Detección de antibióticos en canales bovinas faenadas en el camal municipal del cantón Azogues, Ecuador. *Revista Científica Maskana*, 137-139.
- Whiteley, C., & Lee, D. (2006). Enzyme technology and biological remediation. *Enzyme and Microbial Technology*, 38:291-316.
- WWAP. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas residuales el recurso desaprovechado*. París: Un Water. UNESCO.

ANEXOS

Anexo 1 Fotografía de la formación del micelio

Figura 12 Micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* formándose en Cajas petri.



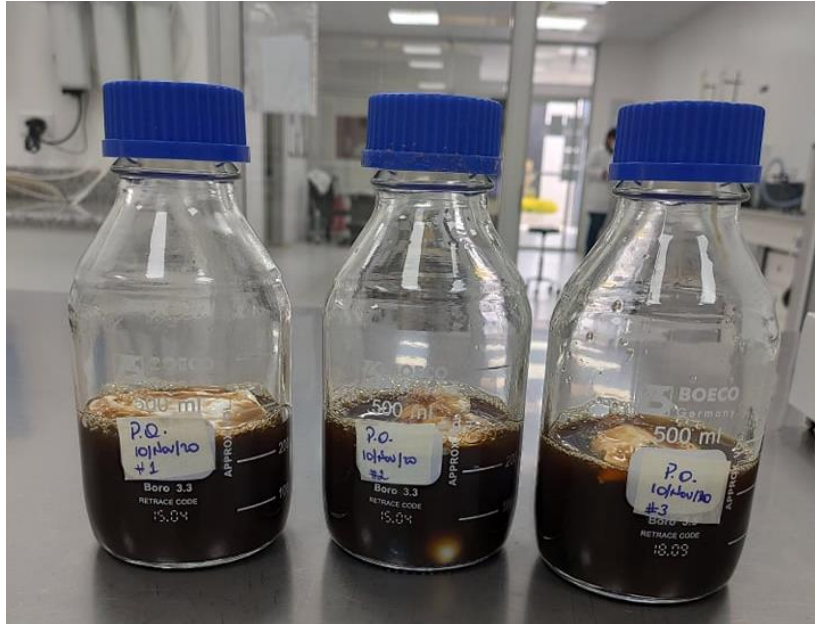
Anexo 2 Fotografía de la formación del micelio

Figura 13 Micelio en formación del hongo *Pleurotus citrinopileatus*



Anexo 3 Anexo 1: Fotografía del medio líquido

Figura 14: Medio líquido donde se colocó el micelio del *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus citrinopileatus*.



Anexo 4 Desinfección de las pinzas, previas a la siembra del micelio

Figura 15 Desinfección de pinzas con calor



Anexo 5 Fotografía de la siembra del micelio

Figura 16. Siembra del micelio de los hongos Pleurotus ostreatus y citrinopileatus



Anexo 6 Fotografía del proceso de sellado de botellas previo al crecimiento del micelio de los hongos Pleurotus ostreatus y Pleurotus citrinopileatus.

Figura 17 Sellado hermético de botellas



Anexo 7 Crecimiento de la ostra del hongo *Pleurotus citrinopileatus*, rotulada como Gold oyster, ostra de oro.

*Figura 18 Hongo *Pleurotus citrinopileatus* en crecimiento dentro del medio líquido*

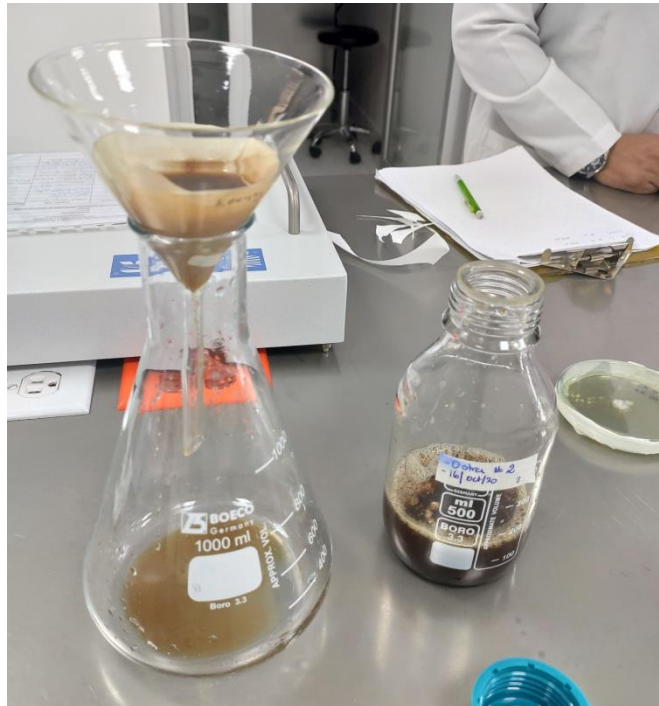


Anexo 8 Crecimiento de la ostra del hongo *Pleurotus ostreatus*.

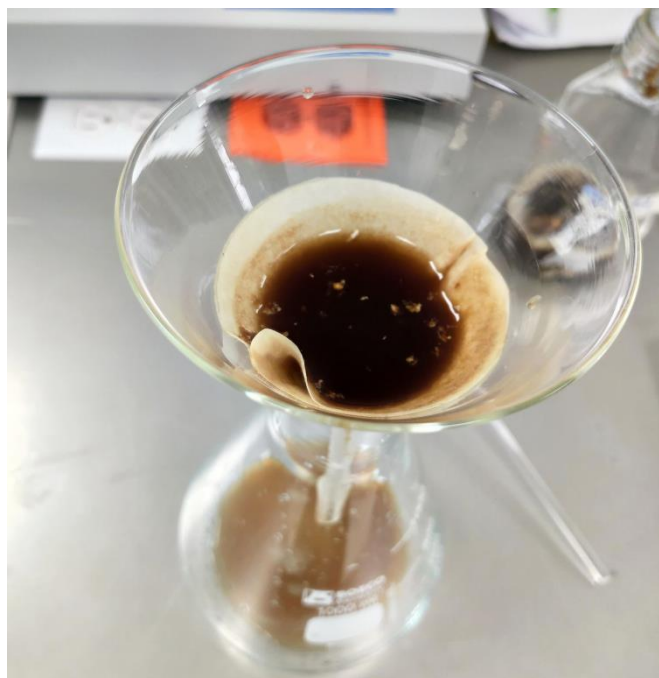
*Figura 19 Crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus**



Anexo 9 Fotografía del Proceso de colación del micelio del hongo.
Figura 20 Micelio siendo colado por medio de papel filtro.



Anexo 10 Fotografía del Proceso de colación del micelio del hongo
Figura 21 Micelio retenido.



Anexo 11 Fotografía de la medición en balanza

Figura 22 Medición de 3g de micelio por medio de balanza



Anexo 12 Fotografía del investigador en proceso de medición.

Figura 23 Colocación del micelio en la balanza analítica



Anexo 13 Fotografía de la medición en balanza

Figura 24 Medición de 5g de micelio por medio de la balanza analítica



Anexo 14 Fotografía dentro del Camal

Figura 25 Tanques del Camal de Gualaceo



Anexo 15 Fotografía dentro del Camal

Figura 26 Muestras de agua Recolectadas dentro de las instalaciones del Camal de Gualaceo



Anexo 16 Fotografía de una muestra Recolectada en el Camal de Gualaceo.

Figura 27 Muestras de agua Recolectadas



Anexo 17 Fotografía de la muestra medida del agua residual.

Figura 28 Agua residual



Anexo 18 Fotografía de las muestras de agua

Figura 29 Muestras de agua residual a ser analizadas junto con los 3g de cada hongo.



Anexo 19 Fotografía de las muestras de agua residual

*Figura 30 Muestras de agua residual con los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus citrinopileatus* dentro del equipo de laboratorio*



Anexo 20 Fotografía dentro del laboratorio.

Figura 31 Colocación de las muestras de agua dentro del equipo de laboratorio



Anexo 21 Fotografía del equipo de laboratorio.

Figura 32 Programación del equipo



Anexo 22 Fotografía de las muestras obtenidas previas al análisis de DQO.

Figura 33 Extracción de muestras previas al análisis



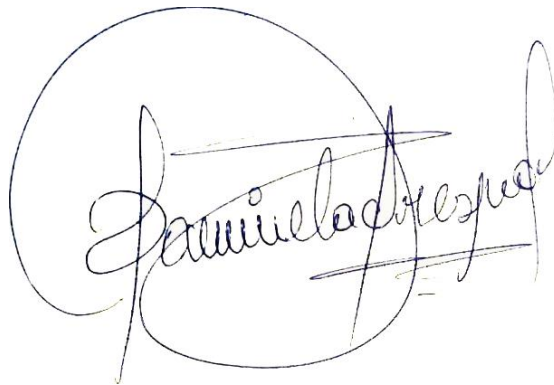
Fotografía del equipo y las muestras de agua residual en el análisis de DQO.
Figura 34 Análisis DQO de las muestras de agua



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Ivonne Daniela Crespo Cajamarca portador de la cédula de ciudadanía N° 0106809452. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación del potencial de biodegradación de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Citrinopileatus ostreatus* en aguas residuales de faenamiento” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de Octubre de 2021



Ivonne Daniela Crespo Cajamarca
C.I. 0106809452