



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS
OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eichornia crassipes*) Y
BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*)

PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORES:

Chuquin Hernández Luis Miguel

Reyes Vásquez Tatiana Elizabeth

DIRECTOR

Ing. Granja Rúaes Jorge Edwin

IBARRA-ECUADOR

FEBRERO 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS
OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*)
Y BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*).”**

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del
Título de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Jorge Granja

DIRECTOR

.....
FIRMA

Ing. Ivan Vaca MSc.

ASESOR

.....
FIRMA

Ing. Carla Sandoval MSc.

ASESOR

.....
FIRMA

IBARRA – ECUADOR

FEBRERO 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003560883	
APELLIDOS Y NOMBRES:	CHUQUÍN HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL	
DIRECCIÓN:	Gran Colombia y Santa Marianita	
EMAIL:	lui_mig_her@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	932724	TELÉFONO MÓVIL: 0967165929

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (<i>Eichhornia crassipes</i>) Y BAGAZO DE CAÑA (<i>Saccharum officinarum</i>)
AUTOR (ES):	REYES VÁSQUEZ TATIANA ELIZABETH CHUQUÍN HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL
FECHA: DD/MM/AAAA	21 de febrero de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jorge Granja

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de febrero de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: CHUQUÍN HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003768544	
APELLIDOS Y NOMBRES:	REYES VÁSQUEZ TATIANA ELIZABETH	
DIRECCIÓN:	Calle 27 de noviembre	
EMAIL:	anaeli.trev@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062932589	TELÉFONO MÓVIL: 0990843677

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (<i>Eichhornia crassipes</i>) Y BAGAZO DE CAÑA (<i>Saccharum officinarum</i>)
AUTOR (ES):	REYES VÁSQUEZ TATIANA ELIZABETH CHUQUÍN HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL
FECHA: DD/MM/AAAA	21 de febrero de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jorge Granja

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de febrero de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: REYES VÁSQUEZ TATIANA ELIZABETH

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Nosotros, CHUQUIN HERNÁNDEZ LUIS MIGUEL, con cédula de identidad Nro. 1002560883 y REYES VÁSQUEZ TATIANA ELIZABETH, con cédula de identidad Nro. 1003768544; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica de Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra de trabajo de grado denominada **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*) Y BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*)**., que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad Facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



.....
Chuquin Hernández Luis Miguel

C.I. 1003560883



.....
Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez

C.I. 1003768544

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 26 de febrero de 2020

LUIS MIGUEL CHUQUIN HERNÁNDEZ

TATIANA ELIZABETH REYES VÁSQUEZ

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*) Y BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*).

TRABAJO DE GRADO

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 26 de febrero de 2020.

DIRECTOR: Ing. Jorge Granja

El objetivo de esta investigación determinó la eficiencia de captura de malos olores con sustratos de lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*).

Ibarra, 26 de febrero de 2020

LOS AUTORES



Chuquin Hernández Luis Miguel



Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez

DIRECTOR



: Ing. Jorge Granja

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR


Ibarra, 26 de febrero de 2020

Ing. Jorge Granja

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifica

Que, el proyecto de tesis de grado titulado EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eicchornia Crassipes*) Y BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum Officinarum*), a sido realizado en su totalidad por los estudiantes Chuquin Hernández Luis Miguel y Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez, para la obtención del título de Ingenieros En Recursos Naturales Renovables. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la facultad Ingeniería En Ciencias Agropecuarias Y Ambientales, autorizando su presentación para los fines legales pertinentes.



Ing. Jorge Granja

1001143757

AGRADECIMIENTO

Extendamos un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por ser la institución educativa que nos acogió en nuestro trayecto estudiantil y por la formación profesional y humana que recibimos en su recinto.

Deseamos expresar un especial agradecimiento a nuestro director el Ing. Jorge Granja y nuestros asesores la Ing, Carla Sandoval y el Ing Ivan Vaca por ayudarnos en cada duda y desconcierto, también por su paciencia durante la realización de este proyecto. A los tesisistas que realizaron sus proyectos en el mismo sitio de estudio por ayudar con sus datos y experiencias.

Al Ing. Santiago Zarate por habernos brindado su tiempo, conocimientos y sobre todo por la confianza impartida para lograr las metas que uno se propone.

Al laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica del Norte quien apporto con sus instalaciones y materiales.

Expresamos un profundo agradecimiento a nuestros padres por su constante cuidado y por dedicarnos su valioso tiempo para que pudiéramos cumplir cada una de nuestras metas. Hacen falta palabras para expresar nuestro agradecimiento a cada una de las personas que nos han apoyado a lo largo de este camino.

Chuquin Hernández Luis Miguel

Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez.

DEDICATORIA

A mis padres Antonio Chuquin y Myriam Hernández quienes con su apoyo, paciencia y cariño me han guiado a lo largo de la vida y permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, tenacidad y valentía, de no temer las adversidades que me depara la vida.

A mis hermanos Juan, Johnny y José por su cariño y apoyo incondicional, durante cada momento de felicidad y tristeza, gracias por estar conmigo.

A Paola Colimba por su incondicional apoyo, cariño y amor a lo largo de todo el tiempo, gracias por alentarme en cada momento de dificultad, gracias por llegar a mi vida y cambiarla a cada momento, gracias por todas las experiencias que vivimos, has sido un pilar fundamental en mi vida, me demostraste que todo se puede lograr si uno se lo propone, gracias por todo mi amor, te llevare en mi corazón por siempre.

A mi compañera de investigación por su esmero y dedicación en todo el tiempo de investigación.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros y compañeras por ayudarme y apoyarme en la formación de mi profesión, por extender su mano en momentos difíciles, siempre los llevare en mi corazón.

Chuquin Hernández Luis Miguel

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedico a mi padre Francisco Reyes que me apoyo a través de mi camino como estudiante y ofreció su ayuda en cada pequeño detalle en el que pudo intervenir, a mi madre Dolores Vásquez que siempre me incentivó a seguir estudiando sin rendirme.

A mi dulce hermana Catalina R. que siempre fue mi apoyo emocional, por siempre estar ahí en todo momento y escuchar con paciencia las molestas quejas de su hermanita menor cada vez que la frustración y las dudas me debilitaban.

A todos y cada uno de mis amigos que estuvieron ahí para aconsejarme cada vez que me sentía perdida mientras realizaba este estudio, les agradezco por compartir sus conocimientos y experiencias para guiarme.

Finalmente, a mis profesores y asesores por su paciencia al responder cada inquietud que se presentó por mi falta de conocimiento y experiencia, con su apoyo logre llegar un paso más cerca a la culminación de mi tiempo como estudiante.

Por último, agradezco la paciencia que mi compañero de tesis mostro durante todo este proceso y a su familia por extender una mano de ayuda cuando lo necesitábamos.

Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez.

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de Antecedentes o Estado del Arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4. Preguntas directrices de la investigación	4
CAPITULO II	5
REVISIÓN LITERARIA	5
2.1 Marco teórico referencial	5
2.1.1 Olores y odorantes.....	5
2.1.2 Problemática de los olores y consecuencias a la salud	7
2.1.3 Emisiones de odorantes en plantas de tratamiento de aguas residuales.....	8
2.1.4 Compuestos odorantes en plantas de tratamiento de aguas residuales	9
2.1.5 Moléculas odoríferas	9
2.1.5.1 Compuestos con nitrógeno.....	9
2.1.5.2 Compuestos sulfurados	10
2.1.5.3 Otros compuestos que generan malos olores	10
2.1.6 Tratamiento y control de odorantes.....	12

2.1.7	Biofiltros.....	12
2.1.8	Tipos de Biofiltros para la purificación de sustancias contaminantes.....	13
2.1.8.1	Biofiltro de lecho fijo o inmóvil (BLF).....	13
2.1.8.2	Biofiltro de lecho escurrido o percolador (BLE)	13
2.1.8.3	Biolavadores o Bioscrubber	14
2.1.9	Tratamientos Biológicos de control de olores	17
2.1.10	Análisis bromatológico.....	19
2.1.10.1	Análisis usados en esta tesis.....	19
2.2.	Marco legal.....	19
CAPITULO III.....		22
METODOLOGÍA		22
3.1	Descripción del área de estudio	22
3.2	Materiales y equipos	23
3.3	Métodos.....	23
3.3.1	<i>Construcción del biofiltro para la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.....</i>	<i>23</i>
3.3.2	<i>Determinación de los parámetros físico químicos del sustrato de lechuguín y bagazo de caña.</i>	<i>26</i>
3.3.3	<i>Medición de las concentraciones de gases sulfuro de hidrógeno y amoniacó en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.</i>	<i>27</i>
3.3.4	<i>Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoniacó antes y después del tratamiento con los sustratos de lechuguín y bagazo de caña</i>	<i>28</i>
3.3.5	<i>Determinación morfológica de los microorganismos presentes en el biofiltro</i>	

CAPITULO IV	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
<i>4.1 Construcción del biofiltro para la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.</i>	32
4.1.1 Adición de lechuguín y pomina	33
4.1.2 Adición de Bagazo de caña y pomina	33
4.1.3 Adición del soplador Blower	34
<i>4.2 Determinación de los parámetros físico químicos del sustrato de lechuguín y bagazo de caña</i>	34
<i>4.3 Medición de las concentraciones de sulfuro de hidrógeno y amoníaco en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN</i>	37
<i>4.4 Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoníaco antes y después del tratamiento con los sustratos de lechuguín y bagazo de caña</i>	39
4.4.1 Comparación de los Parámetros físico-químicos en los sustratos de lechuguín y bagazo de caña antes y después de la implementación del biofiltro.	41
4.4.2 Mediciones de pH y Temperatura	42
<i>4.5 Determinación morfológica de los microorganismos presentes en el biofiltro</i>	43
4.5.1 Bacterias presentes en el biofiltro	43
4.5.2 Hongos presentes en el biofiltro.....	44
CAPITULO V	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 Conclusiones	46
5.2 Recomendaciones.....	47

REFERENCIAS	48
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad y tono hediondo	6
Tabla 2. Categorías de compuestos comunes responsables del mal olor	11
Tabla 3. Ventaja y desventaja de los biofiltros.	14
Tabla 4. Características de distintos materiales empleados como medio filtrante en biofiltros convencionales.	16
Tabla 5. Características de los tres principales sistemas biológicos de tratamiento para emisiones atmosféricas.....	17
Tabla 6. Coordenadas de ubicación del área de estudio UTM-WGS84 zona 17S23	
Tabla 7. Materiales y equipos utilizados durante la realización del estudio	23
Tabla 8. Variables a considerar de los sustratos.	26
Tabla 9. Variables físico-químicas analizadas en los sustratos de lechuguín y bagazo de caña	35
Tabla 10. Medición en ppm de Sulfuro de Hidrógeno y Amoniacó en la planta de tratamiento biológico en el estadio de la UTN	37
Tabla 11. Medición en ppm de Amoniacó en función de los sustratos de Lechuguin y bagazo de caña.	39
Tabla 12. Medición en ppm de Sulfuro de Hidrógeno en función del lechuguín y Bagazo de caña.....	40
Tabla 13. Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoniacó antes y después del tratamiento con el sustrato de lechuguín.	41
Tabla 14. Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoniacó antes y después del tratamiento con el sustrato de bagazo de caña.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso global de problemática odorífera, desde la formación del olor hasta la aparición de la queja y factores que lo influncian.	7
Figura 2. Tecnologías de control de olores clasificadas según su naturaleza	12
Figura 3. Mapa de ubicación del sistema de tratamientos de agua residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte.....	22
Figura 4. a) Cara lateral del biofiltro diseñado para la toma de muestras y observación de los sustratos, b) Esquema de las dimensiones del biofiltro, c) Chimenea del aire tratado, d) Esquema del sistema de aireación diseñado en forma espiral en la parte inferior del biofiltro.	24
Figura 5. Bomba manual Dräger Accuro modelo Bbs04 y tubos colorímetros. 27	
Figura 6. Distribución de los biofiltros en la parte superior de la cámara anaerobia, la caja A corresponde al sustrato de lechuguín y la caja B al sustrato de bagazo de caña.	28
Figura 7. Puntos de muestreo en la cara lateral del biofiltro.	29
Figura 8. Dilución de las muestras de bagazo de caña y lechuguín.....	30
Figura 9. Resiembra de los cultivos para el aislamiento de las colonias.	31
Figura 10. Construcción del biofiltro y partes que lo componen.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Informe del análisis inicial de muestra de lechuguín para contenido de humedad y ceniza.	59
Anexo B. Informe del análisis inicial de muestra de lechuguín para contenido de potasio, fosforo y nitrógeno.	60

Anexo C. Informe del análisis inicial de muestra de bagazo de caña para contenido de humedad y ceniza.	61
Anexo D. Informe del análisis inicial de muestra de bagazo de caña para contenido de potasio, fosforo y nitrógeno.....	62
Anexo E. Medición y corrección del error en ppm de Sulfuro de Hidrógeno y Amoniacó en la planta de tratamiento biológico en el estadio de la UTN.....	63
Anexo F. Medición y corrección del error en ppm de Amoniacó en función del lechuguín y Bagazo de caña.	63
Anexo G. Medición y corrección del error en ppm de Sulfuro de Hidrógeno en función del lechuguín y Bagazo de caña.	64
Anexo H. Informe del análisis final de muestra de lechuguín para contenido de humedad, ceniza, potasio, fosforo y nitrógeno.	65
Anexo I. Informe del análisis final de muestra de bagazo de caña para contenido de humedad, ceniza, potasio, fosforo y nitrógeno.	66
Anexo J. Informe del análisis de muestra de agua para el control de humedad en contenido de potasio, fosforo y nitrógeno.....	67
Anexo K. Repeticiones de medición pH del sustrato a base de Lechuguín y pomina en función de su profundidad.....	68
Anexo L. Repeticiones de medición pH del sustrato a base de Bagazo de caña y pomina en función de su profundidad.....	69
Anexo M. Repeticiones de medición de Temperatura en °C del sustrato de Lechuguín en función de la profundidad.	70
Anexo N. Repeticiones de medición de Temperatura en °C del sustrato de Bagazo de caña en función de la profundidad.	71

Anexo O. Tinción Gram de las bacterias encontradas en los sustratos de Lechuguín y Bagazo de Caña..... 72

Anexo P Microscopia de hongos encontradas en los sustratos de Lechuguín y Bagazo de Caña..... 73

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE MALOS
OLORES CON SUSTRATOS DE LECHUGUÍN (*Eichhornia crassipes*) Y
BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*).

Anteproyecto del trabajo de titulación

Nombre del estudiante: Chuquin Miguel, Reyes Tatiana.

RESUMEN

El estadio de la Universidad Técnica del Norte ubicado en la Avenida 13 de Abril y Morona Santiago, parroquia el Sagrario se encuentra un sistema de tratamiento de aguas residuales que desprende malos olores, causando impactos en la salud y por ende representan un deterioro en la calidad de vida de los seres vivos, de esto nace la necesidad de controlar los odorantes causantes la contaminación atmosférica, la investigación evaluó la captura de malos olores en prototipos de biofiltros utilizando sustratos de lechuguín y bagazo de caña, demostrando la eficiencia en la reducción de sulfuro de hidrógeno y amoníaco presentes en los gases resultantes de la operación de la planta de tratamiento, para este propósito se utilizó la bomba manual Dragër y los tubos colorímetros, midiendo de esta forma las concentraciones de los gases. Se comprobó la disminución de la concentración de sulfuro de hidrógeno en ambos sustratos, y una mayor eficiencia en la reducción de amoníaco en el bagazo de caña en contraposición del sustrato de lechuguín. Al analizar las variables como el pH y la temperatura se concluyó que el aumento de 3 veces la medida inicial de amoníaco en el sustrato de lechuguín se debió al pH interno alcalino durante el periodo de estudio.

Palabras clave: Amoníaco, Biofiltros, Contaminación atmosférica, pH y Sulfuro de hidrógeno.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE CAPTURE EFFICIENCY OF THE BAD ODORS WITH LETTUCE SUBSTRATE (*Eicchornia crassipes*) AND CANE BAGASSE (*Saccharum officinarum*)

Author: Luis Miguel Chuquin Hernández

Tatiana Elizabeth Reyes Vásquez

Email: lmchuquinh@utn.edu.ec

tereyesv@utn.edu.ec

At Técnica del Norte University's Stadium, located in Sagrario Parish, '13 de Abril' Avenue, and Morona Santiago Street, there is a wastewater treatment system giving off bad odors which can cause health hazards and represents a deterioration in human life quality and this is the reason to apply controls for odorants that cause air pollution. This research evaluated the possibilities in capturing bad odors with biofilter prototypes using substrates of lettuce and cane bagasse and their efficiency in the reduction of hydrogen sulfide and ammonia present in the emitted gases, resulting from the operation of the treatment plant. For this purpose, a Dragër hand pump and colorimeter tubes were used during the measuring of gas concentrations. The decrease in the concentration of hydrogen sulfide in both substrates, and greater efficiency in the reduction of ammonia levels with cane bagasse substrate as opposed to lettuce substrate, were verified. After the analysis of other variables such as pH and temperature, it was concluded that the 3-fold increase in the initial measurement of ammonia in the lettuce substrate was due to internal alkaline pH during the study period.

Key words: Ammonia, Air Pollution, Biofilters, pH and Hydrogen Sulfide.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de Antecedentes o Estado del Arte

El continuo crecimiento y expansión de la población humana ha causado el deterioro del medio ambiente provocado por el uso excesivo del agua potable, que a su vez esto genera aguas residuales provenientes de la ciudad (UNESCO, 2017). De esta forma, el tratamiento de aguas residuales es una operación que utiliza diferentes procesos de depuración: físicos, químicos y microbiológicos por medio de mecanismos de tratamiento convencional o natural, en este contexto del agua tratada, se remueven los contaminantes que se encuentran presentes en ella, con la finalidad de que cumpla con los parámetros de límites permitidos en la norma ambiental (Valencia, 2013).

La contaminación presente en el agua se encuentra en constante crecimiento en todo el mundo, lo que ha motivado a las personas a buscar métodos más amigables con el ambiente, para velar, restaurar y que puedan ser aprovechado en futuras generaciones (Buenaño, 2015). Cabe destacar, el control y tratamiento de aguas residuales genera emisiones contaminantes o malos olores, el cual está conformado por sustancias muy complejas donde se encuentran compuestos reducidos de azufre (ácido sulfhídrico, tioles, tioéteres, etc.). Además de nitrógeno (amoníaco, aminas, pira-cinas, etc.), ácidos grasos de cadena corta, aldehídos, cetonas, terpenos y otras (Arana, 2010; Mozo, 2011).

En los últimos años, se han desarrollado tecnologías alternativas eficientes y sostenibles con el ambiente para el tratamiento de gases mediante la actividad biológica de microorganismos los cuales son capaces de degradar ciertos componentes químicos que se encuentran en la fase gaseosa a productos comunes de la degradación biológica como CO₂, agua y biomasa (Vergara, Aroca, Lara, y Alarcon, 2003). En este contexto, la biofiltración de aire proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales se lo realiza mediante un biorreactor que se compone de material biológico el cual sirve de soporte y como una fuente de

nutrientes para los microorganismos que se encargaran de la degradación del contaminante (Arana, 2010).

En este contexto, existen varios estudios que hacen hincapié al uso de biofiltros para la degradación de contaminantes en estado gaseoso, como es el caso de Vergara et al. (2003), quien plantea: que el uso de biofiltros para la degradación de aire contaminado con hidrocarburos volátiles se obtuvo un 93% de eficiencia, esto dependerá directamente del flujo de trabajo, sin embargo el aumento de temperatura del sistema afecta a la degradación de contaminantes debido a la disminución de la actividad microbiana.. En este sentido, Thalasso y Pineda (2002) menciona, en la actualidad la biofiltración se emplea alrededor de 200 compuestos diferentes tanto minerales como orgánicos, alifáticos como son aromáticos, halogenados o no, de igual manera, la biofiltración es una tecnología muy económica debido a que se emplea para el tratamiento de grandes flujos de aire.

De igual manera Díaz, Casellas, Rodríguez, Fernández, y Pascual (2016) en su proyecto Biofiltración del gas natural cubano en soporte orgánico con lodos activos describe que el uso de fibras naturales en un biofiltro es una alternativa económica y amigable con el medio ambiente apropiadas para el desarrollo de poblaciones microbianas, debido a contenido nutricional las fibras naturales son ricas en carbono, nitrógeno, fosforo en este contexto la remoción de sulfuro de hidrógeno H_2S fue de un 88,72 % en el periodo de seis meses dando como factible el uso de fibras naturales en la remoción de dicho compuesto

Según Jiménez y Villegas (2005) menciona, el diseño de un biofiltro para la remoción de un hidrocarburo aromático se emplearon bacterias para la degradación del aire contaminado debido a que estas bacterias presentaban más eficiencia en la degradación. Esto nos demuestra que para la creación de un biofiltro va a depender del material orgánico o inorgánico del cual se fabrique debido a que estos materiales van a servir de soporte y como fuente de nutrientes de los microorganismos. Cabe recalcar que según Roja, Obregón, Elías, Barana, y Lara (2012) la eficiencia de un biofiltro va a depender de la actividad microbiana, el material de soporte y el tiempo de residencia, estos factores son indispensables para alcanzar la mayor eficiencia del biofiltro. Por otra parte Ali et al. (2013) describe que el uso adecuado del

biofiltro presenta algunos problemas como son el pH y la humedad, estos dos factores al ser variados desde el momento de la instalación hasta que el biofiltro empiece a funcionar presentara dificultades para el desarrollo de las bacterias u hongos mismos que a su vez compiten por los nutrientes, el pH es un indicador de la degradación de los gases contaminantes por medio de la actividad bacteriana y de presencia de hongos. Del mismo modo, Martelo y Lara (2012) describen, el uso de macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales al igual en las emisiones de gases contaminantes han demostrado ser eficientes en la remediación, su importancia reside en su capacidad para ser empleados en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía. No obstante, según Chávez, Mora, Cabra, Revah, y Gnecco (2004) mencionan, la implementación de bagazo de caña ha presentado mayor eficiencia debido a las partículas de menor tamaño, éste material ofrecía una mayor área superficial para la inmovilización de los microorganismos y la entrega de masa del contaminante.

1.2 Problema de investigación y justificación

El inadecuado tamaño en el diseño de las plantas de tratamiento o con déficit de operación en sus procesos físico químicos o biológicos, ya sea en su estado aerobio o anaerobio son susceptibles a generar malos olores, debido a la acumulación de materia orgánica o el inadecuado almacenamiento de lodos, cabe recalcar que las condiciones de pH y la turbiedad al momento de la entrada y salida de agua son susceptibles de generar dichos olores (Morgan, Moiseev y Robles, 2000). En este sentido esta tesis nace de la búsqueda por una solución a la problemática de malos olores originados en el sistema de tratamiento de aguas residuales ubicada en el estadio de la Universidad Técnica del Norte, al tratar de minimizar los posibles impactos a la salud y calidad de vida de los moradores aledaños a la mencionada instalación, de acuerdo a lo estipulado en el Plan Nacional Del Buen Vivir 2017-2023. Al realizar esta investigación se busca encontrar el biofiltro más eficiente en la depuración de los gases contaminantes al evaluar la eficiencia de los sustratos de lechuguin y bagazo de caña, información que puede ser utilizada como base para posteriores implementaciones de plantas de tratamiento de aguas grises.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de la captura de malos olores con sustratos de lechuguín (*Eicchornia crassipes*) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*).

1.3.2 Objetivos específicos

- Construir el biofiltro para la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.
- Determinar los parámetros físico químicos del sustrato de lechuguín y bagazo de caña.
- Medir las concentraciones de gases sulfuro de hidrógeno y amoniaco en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.
- Evaluar los parámetros físico químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoniaco antes y después del tratamiento con los sustratos de lechuguín y bagazo de caña.
- Determinación morfológica de los microorganismos presentes en el biofiltro.

1.4. Preguntas directrices de la investigación

¿Cuáles son las especificaciones necesarias para la construcción del biofiltro?

¿Cuáles son los parámetros físico químicos de los sustratos de lechuguín y bagazo de caña?

¿Cuáles son las concentraciones de Sulfuro de hidrógeno y Amoniaco en estado gaseoso en la planta de tratamiento biológico de la UTN?

¿Cuál es la eficiencia de la captura de malos olores en función de los sustratos de lechuguín y bagazo de caña?

¿Cuál es la morfología de los microorganismos presentes en el biofiltro?

CAPITULO II

REVISIÓN LITERARIA

El presente capítulo está encaminado a la revisión literaria de diferentes términos que fueron utilizados a lo largo de la investigación, enfocados al diseño del biofiltro y la presencia de gases en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte.

2.1 Marco teórico referencial

A continuación, se define los diferentes tipos de biofiltros y el control de malos olores que son necesarios comprender:

2.1.1 Olores y odorantes

Según (St. Croix Sensory, 2005) describe, el olor es la percepción experimentada cuando una o más sustancias químicas o mezcla de productos químicos se encuentran expuestos en el aire y entran en contacto con los diversos sistemas sensoriales humanos, a diferencia de odorante que se refiere a diversos productos químicos o naturales en el aire que forma parte de la percepción del olor.

Chapela (2013), considera que a través del sistema olfativo sensorial el ser humano interpreta la presencia de los odorantes que son sustancias responsables de generar olor, estas sustancias poseen características tales como concentración, intensidad, carácter y tono hediondo.

La concentración del olor puede ser comprendida como la relación de la masa o el volumen de ese compuesto por el volumen de aire ITNE (2016), Según Barrera (2010), se toma en cuenta en condiciones normales de temperatura y presión atmosférica, de 25°C y 1 atm respectivamente, para calcular esta característica se basa en el número de veces de diluciones en un gas neutro ITNE (2016).

Carácter o calidad del olor nos permite identificar y diferenciar los olores en sus diferentes matices ITNE (2016), por ejemplo, la diferencia al percibir el olor de un rosal o el de un alcantarillado.

La intensidad puede considerarse como la magnitud o la fuerza con la que es percibido un olor, que en escala va desde no perceptible (0) a extremadamente fuerte (6) Tabla 1 (Calvo y Hernández, 2016).

El tono hediondo se refiere a la percepción de un olor en deferencia de si es agradable o desagradable para el receptor (Calvo y Hernández, 2016; ITNE, 2016) y puede ser calificado cualitativamente dependiendo del malestar causado al individuo Tabla 1.

Tabla 1. Intensidad y tono hediondo

Intensidad del olor		Tono hediondo	
Imperceptible	0	Ninguna molestia	0
Apenas perceptible	1	Molestia muy leve	1
Débil	2	Una ligera molestia	2
Distinto	3	Distintas molestias	3
Fuerte	4	Molestias graves	4
Muy fuerte	5	Molestias graves	5
Inaceptablemente Alto	6	Malestar intolerable	6

Fuente: Berenguer (2013).

Umbral del olor: Se refiere a la concentración mínima perceptible por el olfato humano, Iglesias et al, (2014), se diferencia en ella:

Umbral de detección: o concentración mínima del compuesto que producirá una respuesta sensorial en los receptores olfativos de una población dada, se requiere la consideración estadística de al menos el 50% de la población, dependiendo del caso puede ser del 10% o llegar al 100% de la población. Berenguer (2013).

Umbral de reconocimiento: o concentración mínima a la que una parte de la población (generalmente el 50%) es capaz de describir el olor de un compuesto. Berenguer (2013).

2.1.2 Problemática de los olores y consecuencias a la salud

La contaminación por malos olores es un tema muy complejo, de esta forma existen factores se deben resaltar como, por ejemplo, la ubicación, el rango de dispersión, el medio por el cual se dispersa, la recepción e interpretación de los afectados por dicha sustancia odorífera. El último punto es altamente subjetivo ya que cada individuo percibe de manera distinta los olores (Figura 1) (Calvo y Hernández, 2016).

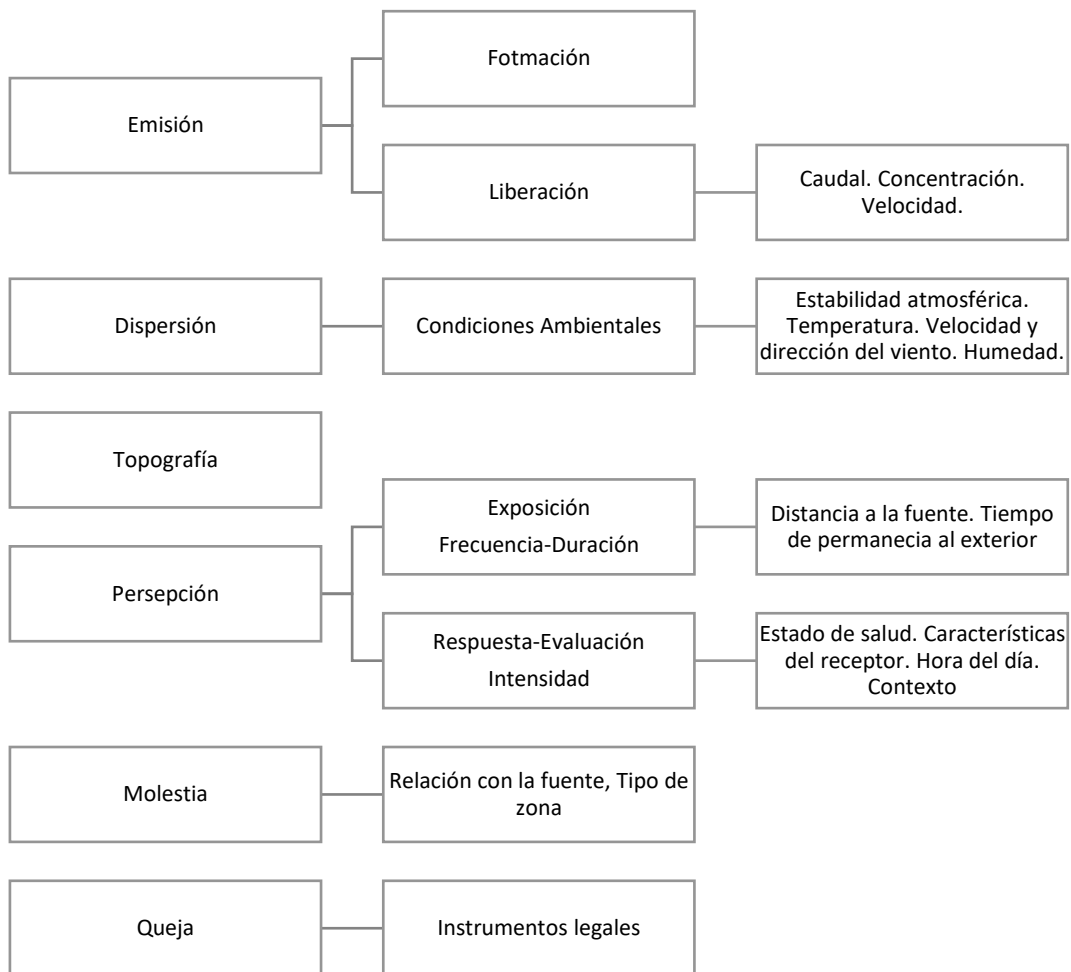


Figura 1. Proceso global de problemática odorífera, desde la formación del olor hasta la aparición de la queja y factores que lo influyen.

Fuente: Calvo y Hernández (2016).

Una vez que las condiciones ambientales para la dispersión del mal olor se convierten en favorables, dicha dispersión causa un problema, pues las personas expuestas a estos odorantes pueden presentar una queja sobre la fuente que los

produce. Tal situación es lógica ya que en la sociedad actual es intolerante hacia varios odorantes que se perciben como nauseabundos. Según Dalton (2003) esta intolerancia se produce por un aspecto puramente psicológico que nace del reconocimiento de que el odorante percibido por el sistema olfativo es nocivo para la salud, mientras más conocimiento sobre la contaminación exista más sensible se es acerca de los olores asociados a químicos, emisiones industriales, basura y por supuesto aguas residuales.

Schiffman y Williams (2005), destacan que los efectos secundarios a la exposición de odorantes contaminantes pueden ser mareos, vómitos, hipersensibilidad o un problema respiratorio, Según Mücke y Lemmen (2012) los efectos más preocupantes frente a una prolongada exposición son problemas renales, irritaciones muconasales, hematológicos, neurológicos y hepáticos, estos pueden mostrarse o no dependiendo de las características de los odorantes.

2.1.3 Emisiones de odorantes en plantas de tratamiento de aguas residuales

En el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales según Lehtinen y Veijanen (2010), la contaminación puede originarse en el efluente de las aguas residuales o durante el transporte y tratamiento de las mismas.

Carrera, Donoso, Souto y Ruiz (2014), clasifican las unidades en: “Fuentes que promueven la transferencia de sustancias odoríficas ya formadas: unidades de aireación, desarenadores y sistemas de tratamiento de lodos activados. Y fuentes que favorecen la formación de sustancias odoríficas: sedimentación primaria y secundaria, así como, tanques de espesamiento de lodos.” (p13)

Según Morgan, Revah y Noyala (2001) el control de los malos olores en las plantas de tratamiento es necesario que se desarrolle a la par con su diseño, ya que las causas de generación de malos olores son: el mal diseño de la planta, deficiencias en la operación de la planta de tratamiento y de un efluente anaerobio y el descuido de sus condiciones de pH.

2.1.4 Compuestos odorantes en plantas de tratamiento de aguas residuales

De acuerdo con Muñoz et al. (2010), el H_2S y el NH_3 son considerados los principales odorantes causantes de contaminación en una planta de tratamiento de aguas residuales. Así como Cabeza (2013) ejemplifica con varios autores la presencia de alifáticos, aromáticos e hidrocarburos clorados, aldehídos, escatol e indol; y en concentraciones más bajas se puede encontrar los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como tolueno, limoneno, butanona y benceno, los mercaptanos tales como metilmercaptanos, metil tiol, dimetilsulfuro en las aguas residuales.

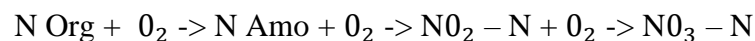
2.1.5 Moléculas odoríferas

2.1.5.1 Compuestos con nitrógeno

Según Robles, González, Hernández, y Mólgora (2000) menciona que el agua residual presenta los siguientes compuestos.

Nitrógeno. - es un elemento importante ya que las reacciones biológicas solo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno, además puede presentarse en cuatro formas principales:

- a) Nitrógeno orgánico en la forma de proteínas, aminoácidos y urea.
- b) Nitrógeno amoniacal. Como sales de amoniacal por ejemplo $(NH_4)_2CO_3$, o como amoniacal libre.
- c) Nitrógeno de nitritos. Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.
- d) Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del nitrógeno. La oxidación de los compuestos de nitrógeno, llamada nitrificación, se expresa de la siguiente forma:



En este sentido Doorn et al, (2006), menciona que el Óxido nitroso (N_2O) está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados presentes en las aguas residuales, como son: urea, nitrato y proteínas, las cuales pueden generar emisiones directas de N_2O durante la nitrificación y la desnitrificación del

nitrógeno. La nitrificación es un proceso aeróbico provienen de la oxidación del amonio o reducción del nitrato (NO_3), mientras que la desnitrificación se produce bajo condiciones anóxicas (sin oxígeno libre) lo cual produce la conversión biológica del nitrato en gas di-nitrógeno (N_2).

2.1.5.2 Compuestos sulfurados

Según Lara (2010), los Sulfatos se requieren para la síntesis de proteínas y después son liberados en su descomposición. En condiciones anaerobias originan problemas de olor y corrosión en los sistemas de alcantarillado. En digestores de lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora si la concentración de sulfuros es mayor a 200 mg/l.

Los Sulfuros son producidos por bacterias anaerobias que reducen los sulfatos, utilizan el oxígeno de los sulfatos y producen ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno (H_2S) (Lara, 2010).

De acuerdo con Carus Group Inc (2017); Quiroga y Pacheco (2018) describen que el sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S) resulta de la contaminación durante la recepción y el tratamiento de aguas residuales. Este gas incoloro, conocido por su olor a huevo podrido, se produce por la reducción biológica de sulfatos y la descomposición de material orgánico, la formación de ácido sulfúrico puede causar serios daños de corrosión y rotura de los tubos de concreto de alcantarillado.

Según ATSDR (1992) el Metilmercaptano o metanotiol (CH_3SH , *MM* o *MT*) es un gas incoloro de olor parecido a repollo podrido, además es una sustancia natural liberada por materia orgánica en descomposición que se encuentran en las aguas residuales.

2.1.5.3 Otros compuestos que generan malos olores

Lara (2010) describe que el Fosforo se puede encontrar como fósforo orgánico, fósforo inorgánico (ortofosfatos), disuelto o en suspensión, además es requerido para la reproducción y síntesis de nuevos tejidos celulares y su presencia es

necesaria para el tratamiento biológico. El agua residual domestica es relativamente rica en fosfato, debido a su alto contenido de desechos humanos como el estiércol y detergentes sintéticos.

Doorn et al. (2006) describen que el Metano (CH_4) es el principal subproducto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del agua residual, la producción de metano va a depender de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento normalmente no se lo encuentra en grandes cantidades.

Otros compuestos más comunes responsables del mal olor se dividen en cuatro categorías, sulfurados, aminados, ácidos, aldehídos y cetonas, para conocer más de sus características ver (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías de compuestos comunes responsables del mal olor

Clase de compuesto	Compuesto	Fórmula química	Características del olor	Umbral olfativo (mg/Nm ³ aire)
Sulfurados	Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	huevos podridos	0,0001 a 0,03
	Metil mercaptano	CH ₃ SH	col, ajo	0,0005 a 0,08
	Etil mercaptano	C ₂ H ₅ SH	col en descomposición	0,0001 a 0,03
	Dimetil sulfuro	(CH ₃) ₂ S	legumbres en descomposición	0,0025 a 0,65
	Dietil sulfuro	(C ₂ H ₅) ₂ S	etéreo	0,0045 a 0,31
	Dimetildisulfuro	(CH ₃) ₂ S ₂	pútrido	0,003 a 0,014
Aminados	Amoníaco	NH ₃	muy picante, irritante	0,5 a 37
	Metil amina	CH ₃ NH ₂	pescado en descomposición	0,021
	Etil amina	C ₂ H ₅ NH ₂	picante, amoniacal	0,05 a 0,83
	Dimetil amina	(CH ₃) ₂ NH	pescado podrido	0,047 a 0,16
	Indol	C ₈ H ₆ NH	fecal, nauseabundo	0,0006
	Escatol	C ₉ H ₈ NH	fecal, nauseabundo	0,0008 a 0,10
	Cadaverina	NH ₂ (CH ₂) ₅ NH ₂	carne en descomposición	/
Ácidos	Acético	CH ₃ COOH	Vinagre	0,025 a 6,5
	Butírico	C ₃ H ₇ COOH	mantequilla rancia	0,0004 a 3
	Valeriánico	C ₄ H ₉ COOH	sudor, transpiración	0,0008 a 1,3
Aldehídos y cetonas	Formaldehido	HCHO		0,033 a 12
	Acetaldehído	CH ₃ CHO	acre, sofocante	0,04 a 1,8

Butiraldehído	C_3H_7CHO	fruta, manzana	0,013 a 15
Aldisovaleriánico	$(CH_3)_2CHCH_2CHO$	rancio	0,072
Acetona	CH_3COCH_3	fruta, manzana fruta suave	1,1 a 240

Fuente: García 2012

2.1.6 Tratamiento y control de odorantes

Para el tratamiento de los olores se puede clasificar las tecnologías en físicas, químicas y biológicas según su naturaleza, Cabeza (2013). (Figura 2)

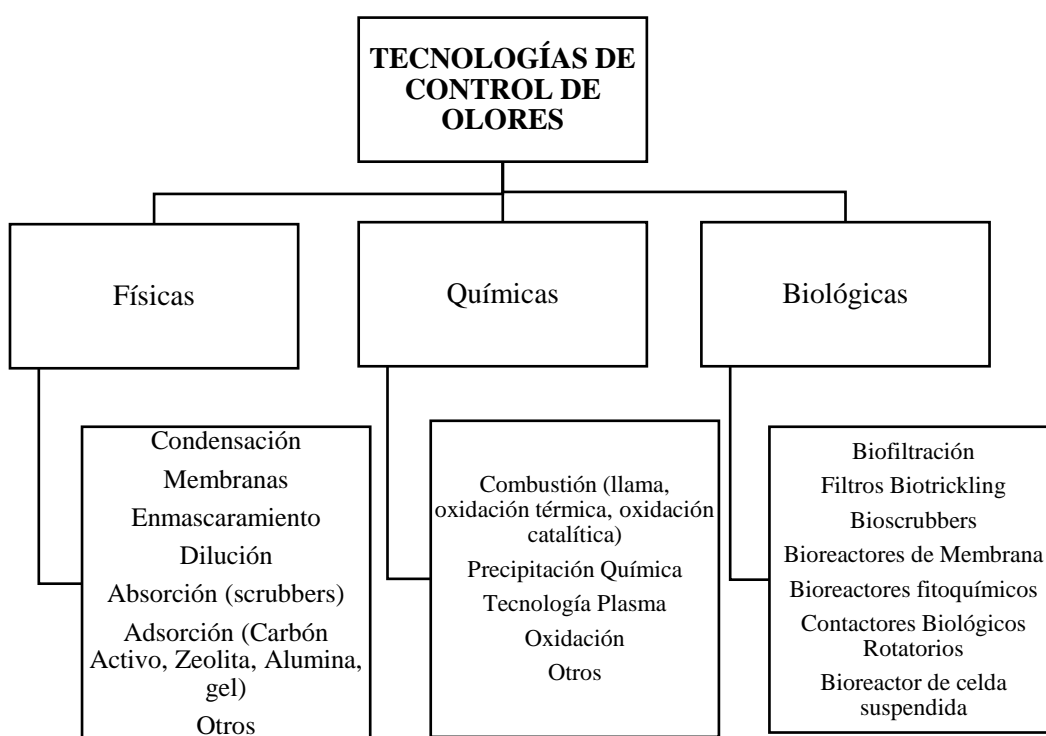


Figura 2. Tecnologías de control de olores clasificadas según su naturaleza

Fuente: Cabeza, (2013).

2.1.7 Biofiltros

Para determinar el rendimiento adecuado de un biofiltro antes de ponerlo en funcionamiento es necesario tener en cuenta varios factores como: la correcta selección del medio filtrante, el pH del medio, la temperatura y la humedad. Sin olvidar las características del gas portador del contaminante, o compuestos que puedan inhibir el desarrollo de los microorganismos seleccionados (Arana, 2010).

Para la selección del medio filtrante es requerido asegurar que puede impulsar el crecimiento de los microorganismos y es importante tomar en cuenta el aspecto económico también. Para Etcharen (2005) el material filtrante orgánico se compacta con facilidad por lo que es necesario agregar material inorgánico filtrante.

2.1.8 Tipos de Biofiltros para la purificación de sustancias contaminantes

2.1.8.1 Biofiltro de lecho fijo o inmóvil (BLF)

Según Varnero, Carú, Galleguillos y Achondo (2012); Velázquez (2015) describen que el Biofiltro de lecho fijo o inmóvil (BLF), consta de un material de soporte fijo y poroso, el cual puede ser sintético y orgánico como compost, cascara de arroz, bagazo de caña, cascara de cacao o café, hojarasca, entre otros, en el caso de ser inorgánico como rocas porosas, conchas, cascajo, pomina etc.. Además, dichos materiales deben estar debidamente humedecido para el desarrollo de biopelículas de microorganismos. El material de soporte contiene los minerales y nutrientes necesarios para sostener una población. El principio del “BLF” consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene sustancias contaminantes y olorosas poco solubles en agua a través de la biopelícula donde es degradado por los microorganismos a CO₂ y H₂O, siendo estos compuestos desplazados a la salida.

2.1.8.2 Biofiltro de lecho escurrido o percolador (BLE)

De acuerdo con Arana (2010); Villén (2010); Varnero et al. (2012) los Biofiltro de lecho escurrido o percolador (BLE) operan en forma similar a biofiltro lecho fijo, aunque en dicho biofiltro consiste en una columna de material sintético he inerte usualmente es plástico o cerámica, donde se desarrolla la biopelícula que contiene los microorganismos, además el lecho de soporte es alimentado por una corriente gaseosa a depurar contra una corriente en estado líquido enriquecida en nutrientes inorgánicos esenciales, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, entre otros, los cuales aportan con nutrientes para el desarrollo de microorganismos. La solución introducida puede ser recirculada y reciclada luego de ser utilizada, en este

contexto, el “BLE” está diseñado para degradar los compuestos volátiles más solubles por medio de un solo reactor.

2.1.8.3 Biolavadores o Bioscrubber

Arana (2010) y Varnero et al. (2012) describen que los Biolavadores o Bioscrubber están constituidos por dos etapas: en la primera fase se encuentra el gas a degradar que es absorbido hacia una torre en donde se encuentra una fase en estado líquido, el gas contaminante es dirigido a contracorriente a través del líquido. En la segunda fase, donde se encuentra un reactor biológico, el líquido proveniente de la torre es recirculador hacia él, los gases contaminantes son degradados por oxidación debido a la presencia microorganismos que pueden encontrarse libres o inmovilizados.

Resumen de las ventajas y desventajas del uso de los tipos de biofiltros en la degradación de sustancias contaminantes y olorosas (Tabla 3).

Tabla 3. Ventaja y desventaja de los biofiltros.

TIPO DE BIOFILTRO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
BIOFILTRO LECHO FIJO	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Altas superficies de contacto gas-líquido. ❖ Fácil puesta en marcha y manejabilidad. ❖ Inversión inicial baja y bajos costes de mantenimiento. ❖ Soporta periodos sin alimentación. ❖ Produce caudales de desecho bajos. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Difícil control de los factores de funcionamiento. ❖ No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos sean compuestos ácidos. ❖ Requiere de grandes superficies.
BIOFILTRO DE LECHO PERCOLADOR. (BIOTRICKLING FILTERS).	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Control de concentración de sustratos a degradar. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Baja densidad de microorganismos.

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Alta transferencia de oxígeno y del contaminante. ❖ Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. ❖ Equipos compactos con respecto a los biofiltros convencionales. ❖ Poca pérdida de carga en el gas tratado. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Producción de agua de desecho que debe ser tratada. ❖ Generación de lodos. ❖ No resiste periodos sin alimentación. ❖ Necesidad de suministrar nutrientes. ❖ Inversión inicial muy elevada. ❖ Costes de operación y mantenimiento elevados.
--	---

<p>BIOLAVADOR.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Mejor control de reacción. ❖ Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. ❖ Equipos compactos. ❖ Baja caída de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Baja densidad de microorganismos. ❖ *No soporta periodos sin alimentación. ❖ Genera lodo residual que ha de ser tratado. ❖ Necesidad de instalación de equipos de oxigenación. ❖ Alto coste de inversión, operación y mantenimiento. ❖ Necesidad de suministrar nutrientes.
---	--

Fuente: Arana (2010)

Devinny, Deshusses y Webster (1999) opina que las siguientes características son indispensables para la selección del material filtrante:

“Porosidad homogénea, entre el 40% y el 80% del total del lecho filtrante, alta capacidad de retención de agua, pH Neutro, alta superficie específica, alta resistencia a la compactación, presencia de nutrientes inorgánicos como N, P, K y S y alta concentración de microorganismos, alto contenido de materia orgánica, entre el 35 y 55 %.”

Las características de medios filtrantes común mente usados pueden determinar que material es óptimo para cada caso individual (Tabla 4).

Tabla 4. Características de distintos materiales empleados como medio filtrante en biofiltros convencionales.

Parámetro	Compost	Turba	Suelo	Carbón activo, perlita	Material sintético
Densidad poblacional de microorganismos	Alta	Media-baja	Alta	Ninguna	Ninguna
Área superficial	Media	Alta	Baja-Media	Alta	Alta
Permeabilidad al aire	Media	Alta	Baja	Media-alta	Muy alta
Contenido de nutrientes asimilables	Alta	Media-alta	Alta	Ninguna	Ninguna
Absorción de contaminantes	Media	Media	Media	Alta	Alta
Tiempo de vida útil	2-4 años	2-4 años	>30 años	>5 años	>15 años
Costo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Medio-alto	Muy alto

Fuente: Arana 2010

Al considerar la temperatura es importante recordar que los microorganismos deben ir en concordancia de la temperatura de funcionamiento, debido a que una corriente de aire caliente puede reducir la concentración de microorganismos y una fría ralentizar su metabolismo, para un funcionamiento óptimo la temperatura oscila entre 20 y 40 °C Sánchez y Orduz (2015).

De acuerdo con Altamar (2007), la humedad relativa superior del aire que entra en el sistema de tratamiento es de 95 %, lo cual garantiza la supervivencia de los microorganismos. Para facilitar la adsorción de los contaminantes suspendidos en

la columna de gas es necesario humidificar el aire de entrada del biofiltro, a su vez contrarresta el calor producido por la reacción en el mismo.

Según Sánchez y Orduz (2015), a pesar de que el pH cercano a siete o neutro es más funcional, la presencia de macroorganismos hace que este parámetro sea más flexible pues el pH variara si son acidófilos o alcalófilos.

Para Yang et al, (2014), la selección de microorganismos depende puramente de del material filtrante, los contaminantes a tratar y las condiciones del lugar donde será implementado el sistema.

2.1.9 Tratamientos Biológicos de control de olores

Según Castells y Oliver (2012), es un tipo de tratamiento donde la depuración lo llevan a cabo una serie de microorganismos, para Sánchez y Orduz (2015) dichos microorganismos poseen la capacidad de metabolizar los agentes contaminantes transformándolos en menos tóxicos, los tres principales sistemas biológicos de tratamiento para emisiones atmosféricas son: biofiltro, biolavador y biofiltro percolador, para escoger el más adecuado a determinada situación es necesario tener en cuenta la composición del medio, circulación del agua, área de aplicación y tanto sus ventajas como desventajas (Tabla 5).

Tabla 5. Características de los tres principales sistemas biológicos de tratamiento para emisiones atmosféricas.

TIPO DE SISTEMA	BIOFILTRO	BIOLAVADOR	BIOFILTRO PERCOLADOR
Composición del medio	Microorganismos inmovilizados en soportes naturales con fuente de nutrientes.	Empaque inerte.	Soporte inerte con biopelícula en su superficie.
Circulación de Agua	No hay circulación de agua.	Agua en circulación constante.	Circulación de agua continua.

Descripción	Absorción del contaminante en la biopelícula soportada en un medio natural que provee nutrientes a los microorganismos. Se usa un solo reactor.	En una torre de aspersión se disuelven los contaminantes del gas que después son degradados biológicamente en un sistema de lodos activados.	El gas se disuelve en la película de agua para entrar en contacto con los microorganismos. La absorción y la degradación suceden en un solo reactor.
Área de aplicación	Compuestos con concentraciones menores a 1 mg/L con coeficientes de Henry menores a 10.	Compuestos con concentraciones menores a 5 mg/L y coeficientes de Henry menores a 0,01.	Compuestos con concentraciones menores a 0,5 mg/L con coeficiente de Henry menores a 1.
Ventajas	Alta superficie de contacto gas-líquido. Fácil arranque y operación. Bajos costos de inversión y operación. Soporta periodos sin alimentación.	Mejor control de la reacción. Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. Equipos compactos. Baja caída de presión.	Comparables a las del biolavador.
Desventajas	Poco control sobre los fenómenos de reacción. Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas. Mayor requerimiento de área.	Baja superficie de contacto gas líquido. No soporta periodos sin alimentación. Genera lodo residual. Arranque complejo. Necesidad de aireación extra. Altos costos de inversión operación y mantenimiento. Necesidad de suministrar nutrientes.	Baja superficie de contacto gas líquido. Generación de lodos. No resiste periodos sin alimentación. Necesidad de suministrar nutrientes. Arranque complejo. Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.

Fuente: Sagastume, Moiseev, y Robles (2000).

2.1.10 Análisis bromatológico

El análisis bromatológico es la evaluación química de la materia que incide en la composición centesimal de alimento, pienso, agua, medicamento, lodo, suelo, entre otros para poder conocer todas las características del mismo (LAVET, 2015).

2.1.10.1 Análisis usados en esta tesis

El método gravimétrico es utilizado para determinar la cantidad de una sustancia en disolución y consiste en utilizar químicos que reaccione con la de interés y formar un producto insoluble (Vargas y Camargo, 2012).

Según PanReac (2007) el análisis del método Kjeldahl es utilizado para determinar el contenido de nitrógeno ya sea en muestras orgánicas e inorgánicas, para GERHARDT (2005) se compone principalmente de los siguientes pasos de trabajo: Digestión de muestras con ácido sulfúrico; Destilación de la solución de digestión con vapor de agua, Valoración del destilado y cálculo del resultado obteniendo el nitrógeno total.

El proceso de análisis de espectrometría por absorción atómica se utiliza para la determinación de metales a través de la concentración de las especies coloreadas en la solución y se basa en la relación entre la absorción de la radiación visible o ultravioleta cercana de una solución (Kastenmayer, 1997).

2.2. Marco legal

Constitución de la República del Ecuador

La Constitución De La República Del Ecuador (2008) en los Art. 14, 15, 72, 276, 411, 413, 415, señala que el Estado tiene derecho a un ambiente sano, además garantiza la protección y regulación de cualquier actividad que pueda representar un riesgo para el medio ambiente, utilizando tecnologías ambientalmente limpias, asimismo la implementación de políticas que precautelen su soberanía. Por lo tanto, la captura de malos olores mediante la aplicación de biofiltros con sustratos de lechuguin y bagazo de caña en la planta de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica Del Norte busca cumplir que los habitantes

tengan óptimas condiciones ambientales.

Ley de Gestión Ambiental

La ley de Gestión Ambiental en el artículo 23 menciona que la evaluación del impacto ambiental comprenderá:

a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;

b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución (MAE, 2004).

Plan Nacional para el Buen Vivir (2017-2023)

De acuerdo al Plan Nacional Del Buen Vivir (2017- 2023), la investigación se encuentra enmarcado en el Objetivo 3 el cual es Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, además de promover las buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, por lo tanto es necesario impulsar la generación de bio-conocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos (SENPLADES, 2017).

Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente

El Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente en su Capítulo II, Sección 7 Incentivo a Gobiernos Autónomos Descentralizados describe en su Art. 806 Mejora de Indicadores Ambientales. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados podrán acceder a financiamiento del Fondo Nacional para la Gestión Ambiental, por la mejora de los indicadores ambientales en sus respectivas jurisdicciones, en el marco del Plan Nacional de Inversiones Ambientales, conforme al siguiente criterio general (SIE, 2019):

d) Mejoría de la calidad del aire, agua y suelo

Código Orgánico De Organización Territorial

Según Del Pozo (2016), El Código Orgánico De Organización Territorial (COOTAD) en sus Artículos 54 y 84 las funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal y el gobierno del distrito autónomo metropolitano deben regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental de manera articulada con las políticas ambientales nacionales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El Sistema de tratamiento de aguas residuales que será el sitio en donde se implementará los biofiltros se encuentra en el estadio de la UTN se ubica en la calle avenida 13 de Abril y Morona Santiago, parroquia el Sagrario, cantón Ibarra, de la provincia de Imbabura (Figura 3).

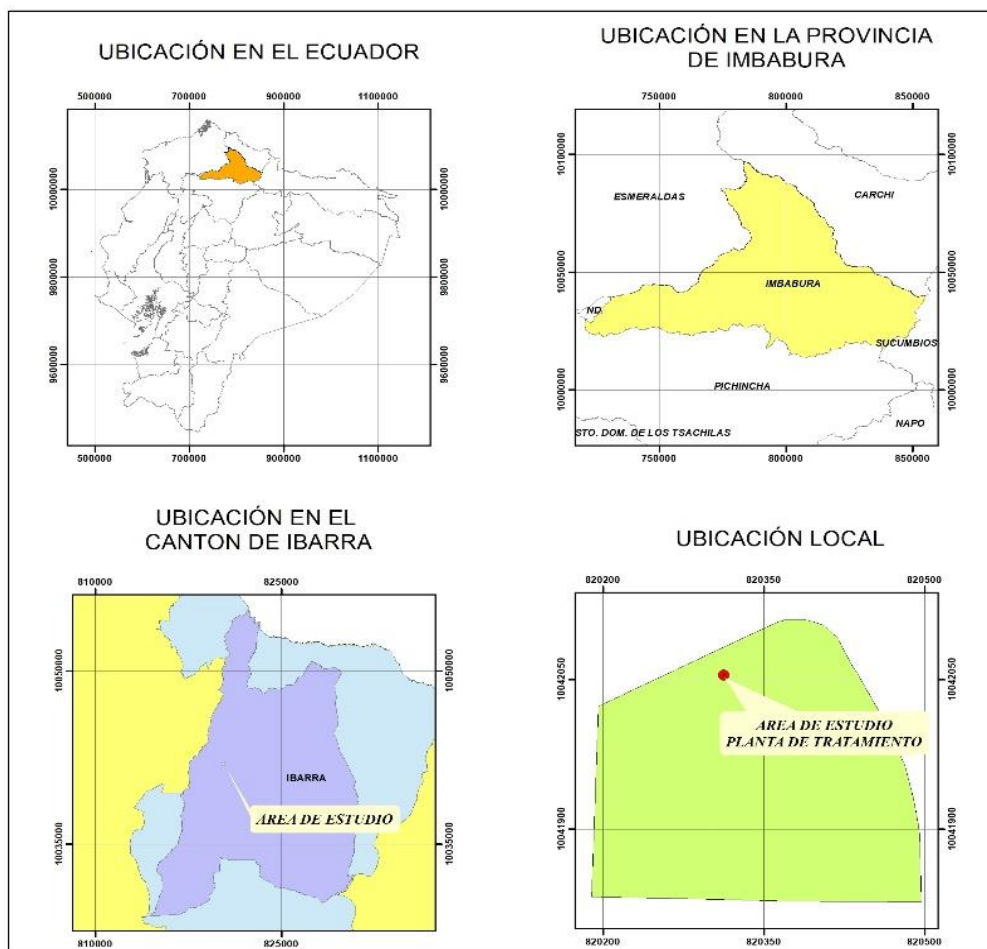


Figura 3. Mapa de ubicación del sistema de tratamientos de agua residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte.

Para mayor precisión en la (Tabla 6) se encuentran las coordenadas en formato UTM-WGS84.

Tabla 6. Coordenadas de ubicación del área de estudio UTM-WGS84 zona 17S

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
1	820505	10041825	2230msnm
2	820188	10041833	2250 msnm
3	820200	10042027	2240 msnm
4	820391	10042110	2220 msnm

Fuente: Villareal (2015).

3.2 Materiales y equipos

Para la realización de la siguiente investigación se describe a continuación los materiales y equipos que fueron necesarios para la recolección de datos (Tabla 8)

Tabla 7. Materiales y equipos utilizados durante la realización del estudio

Materiales	Equipo	Reactivos
Fundas para recolección de muestras	Estereoscopio	Azul de metileno
Bandejas para pesar	Medidor de pH	Zafranina
Tubos del sistema de muestreo Dräger	Bomba manual Dräger Accuro	Cristal violeta
Medios de cultivo	Medidor de temperatura	Alcohol Cetona
Reactivos de laboratorio	Soplador Blower	Agar nutriente
Cajas Petri	Microscopio	Agar papa dextrosa
	Cámara UV	Agua pectonada

3.3 Métodos

La investigación será dividida en cinco fases de acuerdo con los objetivos. Cada fase contará con métodos que permitan alcanzar las metas propuestas.

3.3.1 *Construcción del biofiltro para la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN*

Una de las medidas para solucionar los problemas de malos olores en la planta piloto de tratamiento de aguas residuales fue la construcción de dos biofiltros, los

cuales fueron colocados en las dos salidas de la cámara anaerobia.

3.3.1.1 Construcción del biofiltro.

Los materiales implementados en la construcción del biofiltro fueron tabla tríplex de 1,2 cm de grosor con un revestimiento de bate piedra para evitar la pudrición del material, el volumen de cada biofiltro es de 1 m^3 , en la parte interna se encuentra el sistema de aireación ubicado en la base con una altura de 10 cm y una superficie de 1 m^2 , la cual consta de tubos de 2 pulgadas unidos entre sí para formar un espiral que separa el aire y el sustrato de esta manera el aire recircula en toda la base y asciende de forma uniforme, para mejorar funcionamiento y evitar la caída del sustrato se instaló una cubierta porosa de 1 m^2 en la parte superior del sistema de aireación. Cada biofiltro cuenta con un vidrio transparente de 6 milímetros que nos ayuda a determinar cómo se desarrolla el sustrato, además cuenta con 7 orificios en línea vertical para la toma de muestras, como se muestra en la (Figura 4).

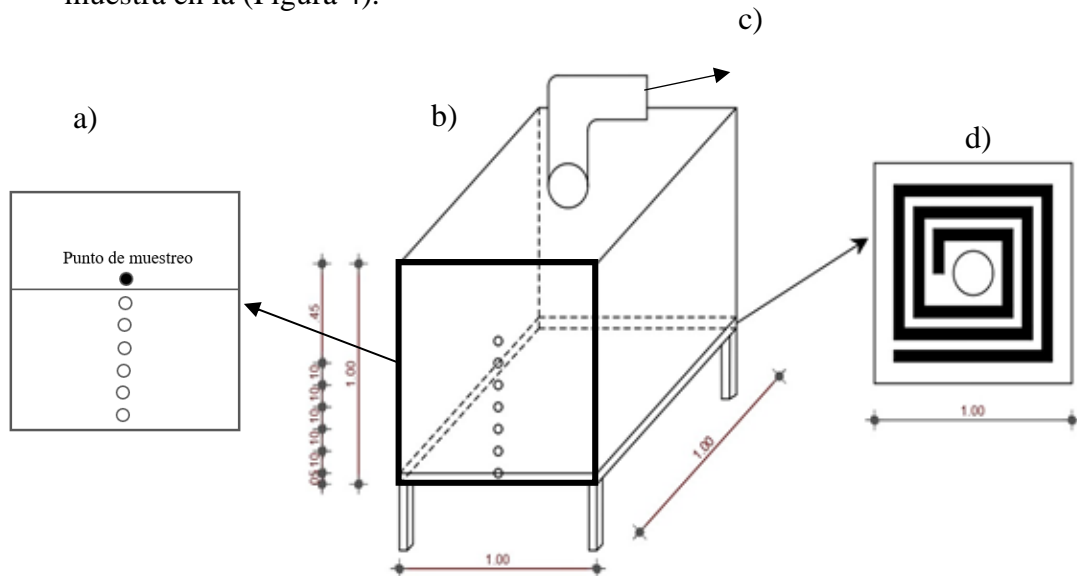


Figura 4. a) Cara lateral del biofiltro diseñado para la toma de muestras y observación de los sustratos, b) Esquema de las dimensiones del biofiltro, c) Chimenea del aire tratado, d) Esquema del sistema de aireación diseñado en forma espiral en la parte inferior del biofiltro.

3.3.1.2 Preparación del sustrato.

El sustrato de lechuguin se lo extrajo de la planta piloto de tratamiento biológico existente en el estadio de la UTN, primero se trituro el lechuguin y se procedió al secado, para lo cual se usó la luz solar, de esta forma el sustrato perdió el agua que contenía en su estructura e incrementa su porosidad y una mejor distribución del aire, se pesó un total de 47,8 kg de sustrato de lechuguin.

Se peso un total de 41,6 kg de bagazo de caña el cual fue donado por el Ingenio Azucarero Tababuela después de pasar por los diferentes procesos de extracción de azúcar.

La mezcla del sustrato se realizó mediante la combinación del material filtrante (bagazo de caña o lechuguín), y el sistema de distribución de aire (pomina), según Jiménez y Villegas (2005) menciona, la relación dependerá del material filtrante, su estructura y humedad de retención, el material del sistema de distribución de aire debe resistir y facilitar la accesibilidad del gas contaminante y mantener la humedad de los sustratos. El valor de humedad de los sustratos de lechuguín y de bagazo de caña fueron otorgados por el Laboratorio de Oferta de Servicios y Productos (OSP) perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador. En este contexto, el porcentaje de pomina que se adiciono evitara la compactación del sustrato.

3.3.1.3 Inoculación del sustrato

Durante el periodo de experimentación se colocó 1,5 L de agua procedente de la planta de tratamiento al sustrato de bagazo de caña debido a que presenta una estructura $< 1\text{cm}$, a diferencia del lechuguín el cual presenta una estructura $> 1\text{cm}$ y por ende requiere menor cantidad de agua tratada la cual es 1 L. La inoculación de los sustratos se lo realizó con el agua procedente de la piscina del “lechuguín” en un intervalo de 3 días, esto se lo realizo para evitar que los sustratos perdieran una considerable humedad y se lo ejecuto durante el periodo de recolección de datos en la fase experimental. Se realizó un análisis de las características físico-químicas del agua utilizada Anexo G.

3.3.1.4 Extracción de los gases hacia la el biofiltro.

Es necesario que los gases lleguen a los biofiltros instalados, por ello se instaló un ventilador de 4 pulgadas en el sistema de tratamiento de aguas residuales, de esta forma se realiza una separación entre los gases procedentes de la planta y el agua a tratarse, de esta forma los gases a tratarse ascienden por la esclusa de la cámara anaerobia a los biofiltros instalados en la parte superior.

3.3.2 Determinación de los parámetros físico químicos del sustrato de lechuguín y bagazo de caña.

El análisis de los parámetros físico-químicos de las muestras de lechuguín y bagazo de caña se realizó por medio de los laboratorios OSP. Se tomaron muestras de 500 gr de cada sustrato en bolsas plásticas zipper. En el caso del lechuguín se requirió un pretratamiento que consistió en secar la muestra por un periodo de 15 días.

Los parámetros analizados fueron: Humedad, Ceniza, Nitrógeno, Potasio y Fosforo, los detalles del análisis se describen en la (Tabla 7), realizado por el laboratorio OSP para humedad fue gravimétrico, para ceniza fue calcinación y gravimétrico, para nitrógeno Kjeldhal, y para potasio y fosforo fueron de absorción atómica.

Tabla 8. Variables a considerar de los sustratos.

Variable	Unidad
Humedad	%
Ceniza	%
Nitrógeno	mg/kg
Potasio	mg/kg
Fosforo	mg/kg

3.3.3 *Medición de las concentraciones de gases sulfuro de hidrógeno y amoniaco en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.*

En la medición de la concentración de gases se utilizó la bomba manual Dräger Accuro modelo Bbs04, esta bomba proporcionó información de los picos de concentración de los gases a tratarse como son el sulfuro de hidrógeno y amoniaco (Figura 5). Utilizar la bomba manual Dräger trae ventajas como el poder utilizarla en el campo y obtener el valor buscado en el sitio de estudio, su tamaño manejable y portátil, los tubos son fáciles de usar y no requieren de calibración.



Figura 5. Bomba manual Dräger Accuro modelo Bbs04 y tubos colorímetros.

Fuente: Dräger (2015).

El proceso de medición de sulfuro de hidrógeno y amoniaco se llevó a cabo utilizando la bomba manual Dräger Accuro al aspirar en cada embolada el aire presente en el punto de muestreo localizado en la cámara anaerobia (Figura 6), el cual pasa a través del tubo colorímetro conectado a la bomba donde se encuentra el material que reaccionó al gas medido. El valor resultante de la medición se obtuvo al observar la progresión del cambio de color en la recta numérica presente en el tubo. Según Dräger (2015) una vez obtenido el valor en campo es necesario multiplicarlo por el valor de corrección adjunto a cada paquete de tubos colorímetros, en este caso la fórmula es: $F = 1013 / \text{presión de aire real (hPa)}$.

El horario de muestreo se lo realizó en el periodo de la mañana entre las 10:00 y 11:00 am se utilizó los reactivos (tubos colorímetros) para sulfuro de hidrógeno y amoniaco respectivamente.

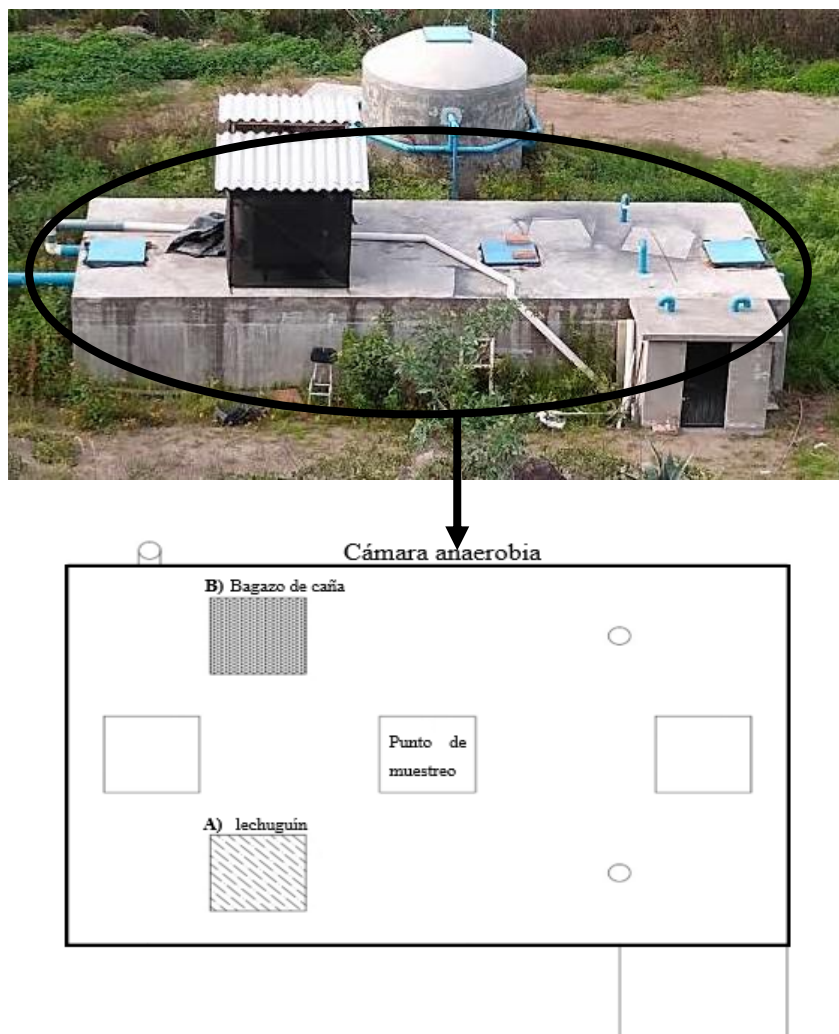


Figura 6. Distribución de los biofiltros en la parte superior de la cámara anaerobia, la caja A corresponde al sustrato de lechuguín y la caja B al sustrato de bagazo de caña.

3.3.4 Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoníaco antes y después del tratamiento con los sustratos de lechuguín y bagazo de caña

En la evaluación se tomó las concentraciones de los malos olores con la bomba manual Dräger y los tubos colorímetros durante 10 semanas, una medición por semana, se lo llevo a cabo con el siguiente procedimiento:

- Se midió la intensidad de sulfuro de hidrogeno y amoniaco con los tubos colorímetros antes de pasar por el biofiltro, en el punto de muestreo que se indica en la Figura 6.
- Se midió la intensidad de los gases estudiados después de pasar a través del sustrato de cada biofiltro, medida que se tomó en la cara lateral del biofiltro (Figura 7).

Para conocer el estado interno del biofiltro se optó por medir el pH de los sustratos en diferentes profundidades y posteriormente se tomó una muestra cada semana para diferenciar los cambios ocurridos en el mismo. Agregando a los datos obtenidos también se tomó la temperatura dentro del biofiltro, a la altura de 0cm, 10cm, 20cm, 30cm y la parte superficial del sustrato (Figura 7).

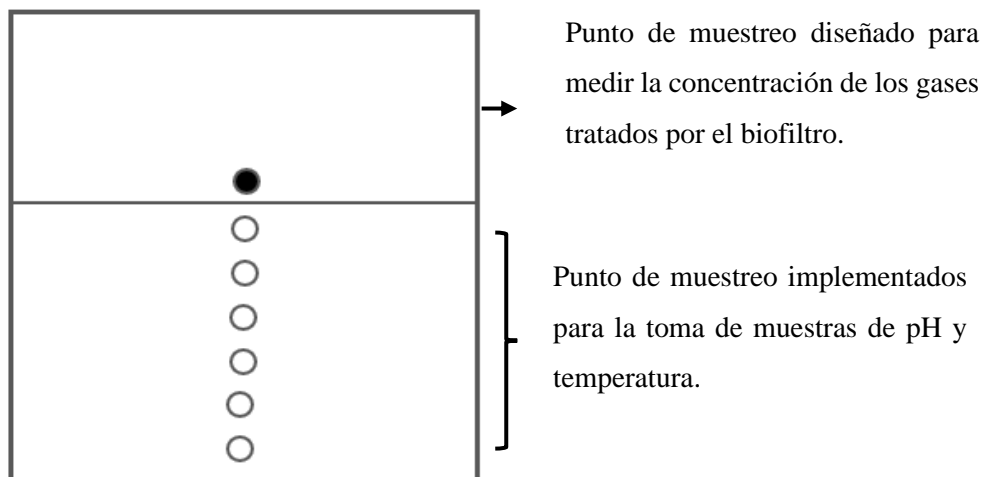


Figura 7. Puntos de muestreo en la cara lateral del biofiltro.

Se aplicó el método por dilución mencionado por Torres, Camberato, López y Mickelbart (2010), de medición de pH en las muestras obtenidas, el método consiste en mezclar una parte de la muestra sólida, en este caso lechuguín y bagazo de caña, en agua destilada y dejar en reposo por un mínimo de 30 minutos, en este estudio se dejó el reposo durante 2 horas para garantizar la homogenización de la mezcla, además, se tomó la temperatura dentro del biofiltro, a la altura de 0cm, 10cm, 20cm, 30cm y la parte superficial del sustrato.

Como último paso, se comparó los valores analizados en la fase 2 (pretratamiento) de ceniza, humedad, potasio, nitrógeno y fósforo de cada sustrato con el resultado analizado luego de utilizar los sustratos como medio filtrante (post-tratamiento), para comprender los cambios en su composición. Según Deiana, Granados y Sardella (2018) el balance de masa se obtiene al contabilizar el material aplicado al sistema que se trate, por lo que se realizó una tabla comparativa.

3.3.5 Determinación morfológica de los microorganismos presentes en el biofiltro

Para la siembra de los microorganismos se extrajo la muestra en tres profundidades del sustrato, a los: 10cm, 20cm y 30cm de altura, se realizó la técnica de dilución que consiste en pesar un gramo de la muestra compuesta y colocarla en 9ml de agua peptonada estéril, se utilizó la centrifugadora siendo el resultado la muestra madre. A continuación, se siguió el procedimiento mencionado en Camacho et al. (2009), al colocar 1mL de la muestra madre en 9mL de agua peptonada estéril y así sucesivamente hasta llegar a una concentración de 10^{-5} , se realizó este procedimiento para ambos sustratos, como se muestra en la Figura 8).

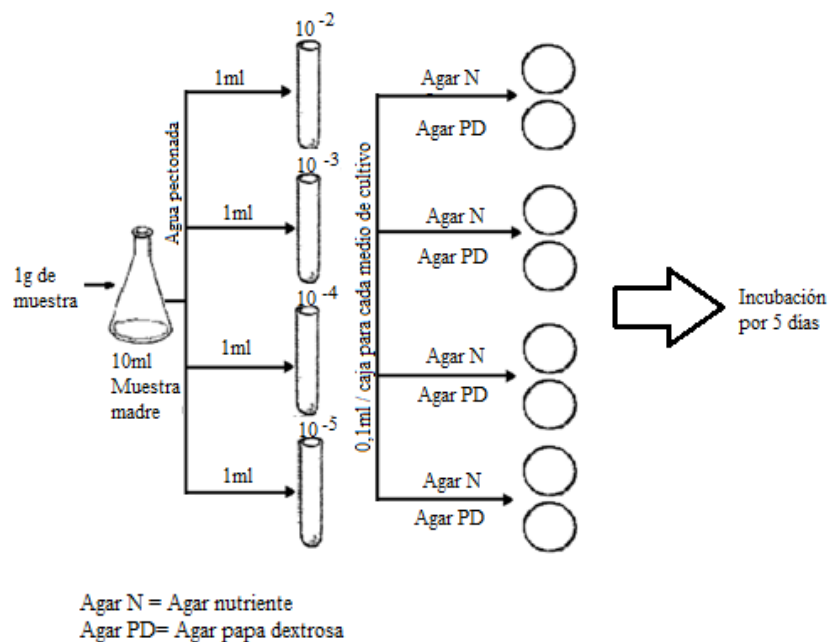


Figura 8. Dilución de las muestras de bagazo de caña y lechuguín.

El siguiente paso fue el cultivo de las diluciones seriadas de las muestras para lo cual se preparó los medios Agar Nutriente para el crecimiento de bacterias y Agar Papa Dextrosa para los hongos, por cada dilución se sembró una caja petri de cada agar. Para aislar las colonias se realizó una resiembra de cada colonia representativa en una nueva caja Petri como se visualiza en la Figura 9.

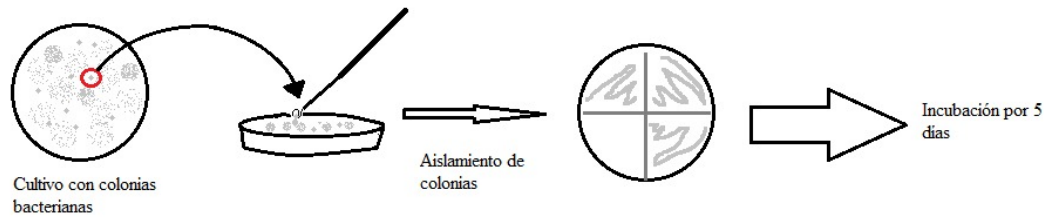


Figura 9. Resiembra de los cultivos para el aislamiento de las colonias.

Posteriormente, se realizó tinción de Gram siguiendo el procedimiento mencionado en López et al. (2014), para identificar si las bacterias obtenidas son Gram positivas o negativas. Para la observación morfológica de los hongos se realizó la tinción de azul de lactofenol según López et al. (2014). Este procedimiento se realizó en los laboratorios de Biotecnología Aplicada de la Universidad Técnica del Norte.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Construcción del biofiltro para la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN.

En la figura 10, literal (a), la estructura del biofiltro consta de un sistema de difusión de aire tratado localizado en la parte superior del biofiltro, literal (b) entrada del gas a tratar localizado en la parte inferior del biofiltro, literal (c) la cara lateral del biofiltro se visualiza los orificios para la toma de muestras del sustrato y medición de gases tratados, literal (d) parte interna del biofiltro se encuentra la canalización del aire a tratar.

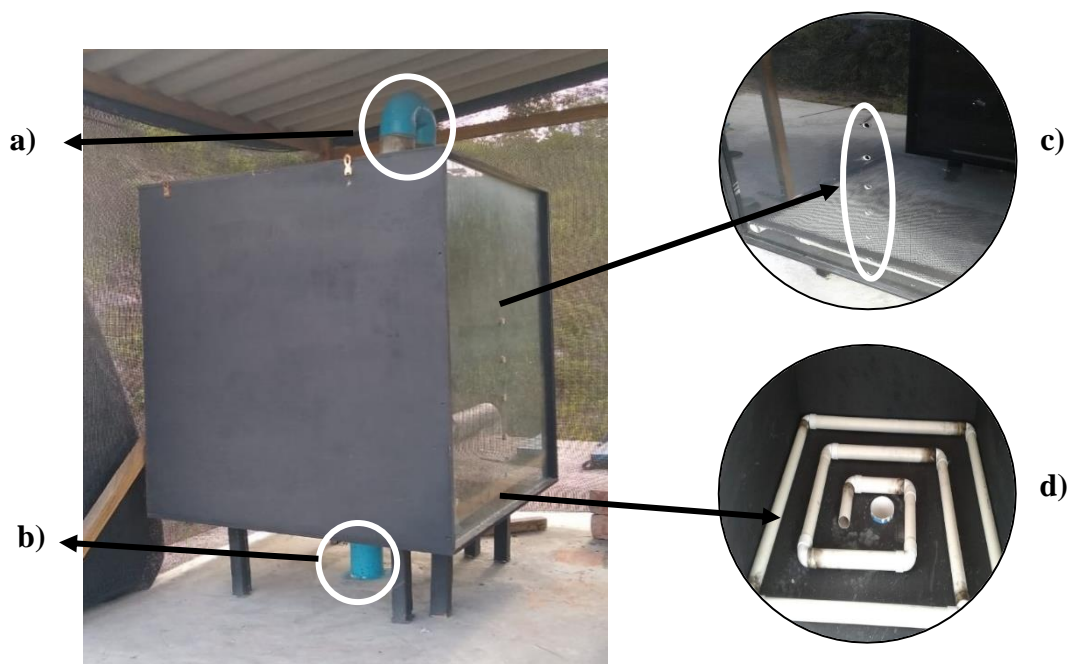


Figura 10. Construcción del biofiltro y partes que lo componen.

De acuerdo con Thalasso y Pineda (2002) las dimensiones y el diseño del biofiltro varían dependiendo de la escala de la planta de tratamiento, las dimensiones del biofiltro en su caso de estudio son casi similares con el nuestro con un valor entre 0,5 y 1,50 m de altura. Cabe recalcar según Vergara et al. (2003); Jiménez y Villegas (2005), establecen en sus estudios que la altura optima de la estructura debe encontrarse en un rango de 1 a 1,2m. Sin embargo Lee, Lau y Pinder (2011)

difieren del diseño del biofiltro mediante la aplicación de capas de filtración de 1,2 m de largo, 0,6 m de ancho y 1,8 m de alto.

4.1.1 Adición de lechuguin y pomina

Se tomo en consideración la humedad del lechuguín, la cual fue de 89,72 % que presenta el sustrato para agregar la pomina, de esta forma se realizó la relación mencionada en la metodología entre la humedad del sustrato y la cantidad de pomina, de un 50 % del peso total del sustrato de lechuguín 47,8 Kg dio como valor para agregar 26,64 Kg de pomina, de esta forma se evita que el sustrato se compacte y se retiene la humedad Altamar (2007), es indispensable tomar en cuenta la humedad del sustrato para evitar la descomposición.

De acuerdo con Terán y Solorzano (2013) menciona, el uso de lechuguin como sustrato para investigación después de pasar por un proceso de triturado aporta con un pH entre 4 y 7, además de contener abundante resina biológica natural que está compuesta de (celulosa, hemicelulosa y lignina), además el costo de producción es bajo y su proliferación es rápida.

4.1.2 Adición de Bagazo de caña y pomina

El sustrato de bagazo de caña de igual manera que en el caso del lechuguin se tomó en consideración el valor de la humedad del sustrato el cual fue de 53,94 %. De esta forma se realizó una relación entre la humedad del sustrato y la cantidad de pomina, de un 65 % del peso total de bagazo de caña 41,6 Kg dio como resultado 46,27 Kg de pomina, de igual forma que el otro sustrato se evita la compactación y la retención de humedad Altamar (2007).

Según Chávez et al, (2004) el uso de bagazo de caña aporta al biofiltro un pH neutro, capacidad de retención de humedad además de ser un material poroso y de bajo costo, en este contexto López, Pérez, Hernández, y Álvarez (2015) describen en su estudio, el uso de bagazo de caña actúa como una resina biológica natural que está compuesta de (celulosa, hemicelulosa y lignina), capaz de fijar diferentes sustancias contaminantes y favorecer la implantación de microorganismos capaces de biodegradarlos.

De acuerdo con Altamar (2007), menciona en su estudio la implantación de grava u otro material inorgánico en el sistema de difusión de aire es indispensable realizar una relación para evitar la compactación del sustrato debido a la cantidad de materia orgánica que se encuentra en el biofiltro, además de tuberías perforadas para la canalización del aire, de esta manera el uso de material inorgánico en nuestro caso pomina evita la compactación de los sustratos, además de implementar un sistema de canalización para la distribución de aire. En este contexto, Vergara et al. (2003), es su estudio describe la relación entre el material inorgánico carbonato de calcio y compost, por esta razón la relación en nuestro estudio se tomó en consideración la humedad de los sustratos para la adición de pomina evitando de esta forma la compactación.

4.1.3 Adición del soplador Blower

Según Howe et al, (2016), establece en su estudio la implementación de un extractor de aire ayuda en el proceso de transferencia de masa para remover las sustancias volátiles en la fase líquida, en este contexto el uso de un Blower ayudo a transportar las sustancias volátiles al biofiltro. Por consiguiente, Romero (2002) describe en su estudio de biofiltración, que es necesario poner al agua en contacto íntimo con los gases para modificar las concentraciones de las sustancias volátiles.

4.2 Determinación de los parámetros físico químicos del sustrato de lechuguín y bagazo de caña

Los resultados demostraron que los valores de las variables determinadas previamente para el estudio como: humedad, ceniza, nitrógeno, fósforo y potasio son superiores para el lechuguín, a excepción del porcentaje de ceniza donde el bagazo de caña es de 3,85% en 250g de muestra y el lechuguín es de es de 18,35% en 250g de muestra representado una mayor presencia de minerales o sustancias inorgánicas en las muestras, la diferencia en ambos sustratos puede deberse al lugar de origen, ya que el lechuguín se encuentra en una zona abierta y expuesta a viento y lluvia y como sugiere Zambrano (2015), el análisis de ceniza puede incluir tierra como materia inorgánica, se puede ejemplificar las diferencias en la Tabla 9.

Tabla 9. Variables físico-químicas analizadas en los sustratos de lechuguín y bagazo de caña

Muestra	Humedad %	Ceniza %	Nitrógeno mg/kg	Fosforo mg/kg	Potasio mg/kg
Lechuguín	20,53	18,35	620	218,91	2410,24
Bagazo de caña	53,94	3,85	2000	67,69	563,76

El resultado del análisis bromatológico hecho ayuda a determinar la composición del sustrato usado, en el caso de la humedad para el Lechuguín en nuestro estudio se observó un valor de 20,53% que difiere del análisis realizado por Donoso (2015) al haber obtenido un 91,29% y del estudio de López (2012) donde obtuvo un 90,4%, esta diferencia pudo originarse en la cantidad de días transcurridos desde que se tomó la muestra hasta que se realizó el análisis, es decir que el tiempo trascendido para el análisis de la muestra en este estudio fue mayor, cabe agregar que los estudios plantearon muestras en estado fresco al llevarlas al laboratorio el día de extracción de la planta a diferencia de la nuestra debido al procedimiento previo se dejó secar por alrededor de tres días antes de mandar la muestra a laboratorio.

En el caso del bagazo de caña con un valor de 53,94% de humedad supera los valores obtenidos en los estudios Águila y Sosa (2008) con un valor de 10,72% al igual que Martínez, Rodríguez, Esperanza y Leiva (2014) el cual reporto un 7,57% y Manals, Penedo y Salas (2015) con un valor de 4%, este valor teóricamente es diferente debido a la diferencia de humedad ambiental en el sitio de extracción, y la presencia en horas de la luz solar en el sitio de almacenaje. En los dos sustratos utilizados en esta investigación se evidencio una buena retención de humedad dentro del sistema basado en la diferencia del color del sustrato seco del que presenta humedad, y la diferencia de olor ya que cambia según la ausencia o presencia de humedad en el mismo.

En relación con la ceniza este estudio fue de 18,45% para el lechuguín que difiere a lo reportado por Donoso (2010) con un valor de 11,43% y Bhattacharya y Kumar (2010) que reporto un valor de 20%. El bagazo de caña en este estudio reporto un valor de 3,85% en ceniza y el estudio de Merencio y Antolin (2003) es similar ya

que menciona un promedio de 2-5% de cenizas, se muestra una diferencia en los valores reportados en los estudios de Vargas, Hoyos y Mosquera (2012) con un valor de 2,94%, Almazan (2000) con un valor de 1,4% y de Manals y Penedo (2015) reporto un valor de 1,26%. Se puede interpretar esta variación de valores entre los estudios mencionados para el porcentaje de ceniza en la planta como la diferencia en la fertilidad del suelo en el que creció, el valor porcentual de ceniza representa los valores de elementos químicos no orgánicos que quedan al calcinar la muestra de la planta. El valor porcentual de ceniza representa los valores de elementos químicos no orgánicos que quedan al calcinar la muestra de la planta, este valor puede ser indicativo del material requerido como alimento por los microorganismos presentes en el sustrato (McClements, 2007).

El nitrógeno, fosforo y potasio son requeridos por los microorganismos presentes en el sustrato y ayudan a los mismos a capturar o retener los malos olores. Al analizar el Nitrógeno en nuestro estudio reporto un valor de 620mg/kg del sustrato de lechuguín y al compararlo con Bhattacharya y Kumar (2010) que obtuvo 3mg/kg y López (2012) 1,44 mg/kg en sus respectivos estudios, se presencia una clara diferencia en estos valores. El bagazo de caña en nuestro estudio dio un valor de nitrógeno de 2000 mg/kg según Vargas et al. (2012) presento un valor de 1500 mg/kg que difiere del presente caso, Manals y Penedo (2015) presentaron un valor de 2000 mg/kg que se asemeja al valor de la muestra para este estudio. Para el análisis del Fosforo para el caso del lechuguín en este estudio se obtuvo 218,91 mg/kg que difiere del estudio de López (2012) quien obtuvo el valor 2,57 mg/kg. La captación de nitrógeno y fosforo solubilizado dentro de las plantas se realiza a través de la micorriza, según Jones (2013) la clave para la absorción de estos compuestos es el carbono líquido que transfiere de los pelos finos de la raíz a las hifas de los hongos micorrícicos y de allí a las comunidades microbianas altamente complejas, esto prueba funcionar mejor en suelo que forma agregados en la raíz de la planta, de esto se puede deducir que la diferencia de fosforo y nitrógeno se debe a las condiciones en las que se desarrolle la raíz.

En el caso del lechuguín para el potasio fue de 2410,24 mg/kg que difiere de López (2012) de valor 0,04 mg/kg, el sustrato de bagazo de caña para el potasio reporto

un valor de 563,76mg/kg que se diferencia de la muestra para el estudio de Águila y Sosa (2008), con un valor de 22,04mg/kg. Según Conti (2000) el potasio puede ser fácilmente obtenible ya que el potasio de la solución del suelo esta inmediatamente disponible, se entiende entonces que la diferencia de potasio se debe al contenido del mismo en el suelo donde crece la planta.

4.3 Medición de las concentraciones de sulfuro de hidrógeno y amoniaco en la planta tratamiento de aguas residuales en el estadio de la UTN

Los valores obtenidos en el análisis realizado con la bomba manual Dräger para el sulfuro de hidrogeno demuestra que tiene una ligera variación, solo en las repeticiones 9 y 10 se nota un aumento del valor del pico de concentración, en cuanto al amoniaco vemos que se mantiene en su mayoría en un valor de 3, exceptuando el valor para la primera repetición donde vemos que su valor es apenas superior a la unidad esto se puede visualizar de mejor manera en la Tabla 10.

Tabla 10. Medición en ppm de Sulfuro de Hidrógeno y Amoniaco en la planta de tratamiento biológico en el estadio de la UTN

Gas/ Muestra R	Sulfuro de Hidrógeno ppm	Amoniaco ppm
R1	1,43	1,30
R2	1,56	2,60
R3	1,56	3,26
R4	1,95	3,26
R5	1,43	2,60
R6	1,56	3,26
R7	1,56	3,26
R8	1,95	3,91
R9	2,22	3,26
R10	3,91	3,26

*R= Repetición 1, 2 10.

Las concentraciones de amoníaco y sulfuro de hidrógeno encontradas constituyen un problema en la planta de tratamiento de aguas residuales debido al ser una de las causas de olores desagradables para el olfato humano. El valor representativo para sulfuro de hidrógeno es de 1,824 ppm y para el caso del amoníaco es de 2,896 ppm, datos obtenidos luego de calcular bajo un análisis de distribución logarítmica, según Castellá (2011) las concentraciones pueden variar teóricamente entre cero e infinito por lo que se optó por aplicar este análisis.

Este valor de sulfuro de hidrógeno es diferente al de los resultados de otros estudios planteados, según Cacho, Amieba y Tejero (2007), el valor de 2,5 ppm valor que asegura es normal en plantas de tratamiento de aguas residuales, además Borja (2011), supera cuatro veces el obtenido en el presente estudio con un valor de 4,19 ppm, estos resultados se produjeron a través de repeticiones de al menos de 10 muestreos descartándose el valor más alto y el más bajo del muestro, procedieron a realizar una media del resto de valores, en el caso de esta investigación se realizó muestreos de acuerdo a la posibilidad de obtención de los reactivos. Estas diferencias pueden relacionarse con volumen entrante de aguas residuales a la planta, ya que estos estudios se realizaron en plantas de tratamiento de escala de una ciudad, y la de este estudio se realizó en una planta de tratamiento de un barrio.

El estudio de Díaz, Casellas, Rodríguez, Fernández y Pascual (2016), el resultado difiere con un valor de 0,17 ppm para el amoníaco, gas que en esta concentración ya representa un problema para soportar el olor desprendido, sin embargo, este valor pertenece a gas natural de producción agrícola, el valor del sitio de estudio en esta tesis es de 2,89 ppm esta concentración es superior a la tolerancia olfativa humana, esta diferencia nos demuestra que la concentración en el sitio de estudio representa un problema por su intenso olor.

En contexto con los resultados obtenidos para amoníaco en la planta de tratamiento son inferior a lo descrito por Sáenz, Zambrano y Calvo (2016), esto se debe a factores como dimensión de la planta de tratamiento, los desechos que llegan a ella y además la volatilidad del amoníaco que se desprende y además dependen de la temperatura ambiente. De igual manera Calvo y Hernández (2016), reportan un resultado de 5 ppm esto se debe a la temperatura ambiente en donde se encuentra,

cabe agregar los valores obtenidos en la planta de tratamiento de la Universidad son inferiores debido a las dimensiones de construcción de la planta y el caudal de agua residual que entra.

Además, la concentración de amoníaco se encuentra en rangos inferiores entre los 10 a 50 ppm ya que al alcanzar estos rangos el olor presentaría problemas para la salud de las personas.

4.4 Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoníaco antes y después del tratamiento con los sustratos de lechuguín y bagazo de caña

En los biofiltros se pudo evidenciar la disminución en la presencia del amoníaco en el bagazo de caña, obteniendo una reacción nula o baja en las mediciones, sin embargo, en el caso del lechuguín es diferente puesto que aumentan sus valores con el paso del tiempo, teóricamente se asume que el aumento de amoníaco se produce por la descomposición de los compuestos nitrogenados del lechuguín (Despaigne, Cobián, Calá, Bonaventure y Domínguez, 2012) (Tabla 11).

Tabla 11. Medición en ppm de Amoníaco en función de los sustratos de Lechuguin y bagazo de caña.

Gas/ Muestra R	Medida pre- tratamiento	Lechuguín	Bagazo de caña
R1	1,30	7,82	0,00
R2	2,61	6,52	0,00
R3	3,26	7,82	0,00
R4	3,26	6,52	0,00
R5	2,61	5,21	0,00
R6	3,26	5,21	0,00
R7	3,26	5,21	0,00

R8	3,91	5,21	0,00
R9	3,26	5,87	0,00
R10	3,26	6,39	0,00

*R= Repetición 1, 2 10.

0,00 Ausencia del gas

En el sustrato de bagazo de caña se evidencio la reducción total del sulfuro de hidrógeno, lo mismo que en el caso del lechuguín, este tratamiento es preciso, ya que los tubos colorímetros de la bomba manual Dragër no presentaron reacción alguna, los resultados de las mediciones se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Medición en ppm de Sulfuro de Hidrógeno en función del lechuguin y Bagazo de caña.

Gas/ Muestra R	Medida pre- tratamiento	Lechuguín	Bagazo de caña
R1	1,304	0,00	0,00
R2	2,607	0,00	0,00
R3	3,259	0,00	0,00
R4	3,259	0,00	0,00
R5	2,607	0,00	0,00
R6	3,259	0,00	0,00
R7	3,259	0,00	0,00
R8	3,911	0,00	0,00
R9	3,259	0,00	0,00
R10	3,259	0,00	0,00

*R= Repetición 1, 2 10.

*0,00 Ausencia del gas

De acuerdo con Cerrón y Matos (2013) la eficiencia de remoción de sulfuro de hidrógeno en el biofiltro se debe a la elevada densidad poblacional de microorganismos en el sustrato con la capacidad de remover un 100 % del gas, sin embargo Chávez et al. (2004) describieron que la eficiencia de remoción alcanza un 99 % siempre que la carga máxima de H₂S no supere la capacidad máxima del

biofiltro lo cual se refiere a que la concentración del gas H₂S no rebase a la capacidad de concentración de dicho gas que los microorganismos puedan oxidar. En los biofiltros de este estudio se consideró que la carga de la capacidad máxima no fue superada puesto que se evidenció la remoción del gas.

4.4.1 Comparación de los Parámetros físico-químicos en los sustratos de lechuguín y bagazo de caña antes y después de la implementación del biofiltro.

Los resultados del sustrato de lechuguín para las variables determinadas previamente en el estudio como: humedad, ceniza, nitrógeno, fósforo y potasio muestran una variación luego del periodo de uso en el biofiltro, presentaron cambios, la humedad aumento en 2,34% y la ceniza disminuye en 4,63%, en el caso de nitrógeno hubo un aumento de 1680 mg/kg y fosforo aumento en 1081,34 mg/kg, el potasio tubo una disminución de 1460,04 mg/kg como se ejemplifica en la Tabla 13.

Tabla 13. Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoníaco antes y después del tratamiento con el sustrato de lechuguín.

Muestra	Humedad %	Ceniza %	Nitrógeno mg/kg	Fosforo mg/kg	Potasio mg/kg
Lechuguín Antes	20,53	18,35	620	218,91	2410,24
Lechuguín Después	22,87	13,72	2300	1300,25	950,20
Diferencia	2,34	4,63	1680	1081,34	1460,04

Los valores de las variables determinadas previamente para el estudio del sustrato de bagazo de caña presentaron cambios luego del uso en el biofiltro, como por ejemplo la humedad disminuyo en un 17,18% o el aumento de 3,71% de ceniza, también el contenido de nitrógeno y fosforo aumentaron en 350,4 mg/kg y 500,31mg/kg respectivamente, mientras que el potasio disminuyo en 17,76 mg/kg como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Evaluación de los parámetros físico-químicos en la captura de sulfuro de hidrógeno y amoníaco antes y después del tratamiento con el sustrato de bagazo de caña.

Muestra	Humedad %	Ceniza %	Nitrógeno mg/kg	Fosforo mg/kg	Potasio mg/kg
Bagazo de caña Antes	53,94	3,85	2000	67,69	563,76
Bagazo de caña Después	36,76	7,56	2350,4	568	546
Diferencia	17,18	3,71	350,4	500,31	17,76

4.4.2 Mediciones de pH y Temperatura

En el caso del sustrato con base de Lechuguín se presentó un pH alcalino, En función de la profundidad a los 10 cm una media de $8,32 \pm 0,23$, a los 20 cm un pH $8,25 \pm 0,35$, a los 30 cm de $8,41 \pm 0,24$ (Anexo H). En el sustrato con base de bagazo de caña se presentó un pH más cercano a un valor neutro, con una media a los 10 cm de $7,27 \pm 0,30$, a los 20 cm $7,30 \pm 0,48$ y a los 30 cm una media de pH de $7,37 \pm 0,23$ (Anexo I). Se infiere que el pH interno de los dos biofiltros es estable durante el periodo de investigación con una variación mínima debido a que la desviación estándar no llega a la unidad.

En relación al pH, con la concentración de amoníaco Según Ramírez (2007), el pH bajo aumenta la inhibición de nitrito en las bacterias debido a un aumento en la concentración de ácido nitroso y un pH alto causado por el aumento de presión osmótica inhiben la actividad de bacterias nitrificantes en ambos casos afectan la concentración de amoníaco en el sistema. El pH optimo afirma que es de 6.5 a 8.2 sin embargo, Kanagawa, Qi, Okubo, y Tokura, (2004), los biofiltros deben funcionar a menor pH entre un rango de 7 a 5 debido a que las bacterias nitrificantes que poseen altos niveles de actividad cuando el pH es menor de 7. En este sentido Calvo y Hernández (2016) describen, que cuando el pH del sustrato es acido favorece en la formación de H_2S y cuando el pH es alcalino beneficia en la formación de NH_3 , esto se debe a que los sustratos se encuentran en un equilibrio químico y de disociación. Además, el crecimiento de microorganismos es afectada

por la variación en el pH, un pH muy ácido o básico puede matar o disminuir la concentración de microorganismos en el biofiltro.

La temperatura interna en el sustrato de lechuguín se obtuvo una media de $20,83 \pm 1,93$ °C Anexo J. A diferencia del sustrato de Bagazo de caña la cual obtuvo una temperatura interna media de $20,48 \pm 1,7$ °C (Anexo K). Según Emison (2016) la temperatura del lecho óptimo para el funcionamiento de un biofiltro para efluentes gaseosos es un valor sobre los 20°C. La variación de la temperatura interna de ambos biofiltros durante el periodo de investigación se mantuvo dentro de lo óptimo para su normal funcionamiento pues hubo procesos estables.

4.5 Determinación morfológica de los microorganismos presentes en el biofiltro.

4.5.1 Bacterias presentes en el biofiltro

Se evidenció la presencia de bacterias Gram (+) en los sustratos de lechuguín con diplococos y cocos observados bajo microscopio, y bagazo de caña que evidenció Gram (+) y Gram (-) con bacterias en forma de cocos, bacilo cocos y bacilos. (Anexo O).

Hubo una disminución en la concentración de sulfuro de hidrógeno para ambos sustratos como se evidenció anteriormente y se entiende que el proceso de degradación de sulfuro de hidrógeno en biofiltros se vale de microorganismos presentes en el ciclo biológico del azufre, según Ramírez (2007) los microorganismos más comunes en la oxidación de H₂S son las bacterias del género *Acidithiobacillus* y *Thiobacillus*.

En el caso del sustrato de bagazo de caña se evidenció la disminución de la concentración del amoníaco, la eliminación de este gas en biofiltros por medio de bacterias se realiza a través de un proceso oxidativo según Ramírez (2007), el proceso oxidativo inicia al transformar el amoníaco en nitrito con bacterias como las *Nitrosomonas* sp generalmente autótrofas, como siguiente paso el nitrito se oxida en óxido nítrico con bacterias como las *Nitrobacter* sp, además la degradación de amonio puede ser realizada por bacterias nitrificantes heterótrofas, como *Alcaligenes*, *Pseudomonas* y *Arthrobacter* sp.

En el caso de este estudio se llegó solamente a identificar si estos son Gram (-) o (+), debido a que el objetivo principal es la descontaminación de los gases que producen malos olores, siendo requerido únicamente la ratificación de la presencia de bacterias en el sustrato.

4.5.2 Hongos presentes en el biofiltro.

De acuerdo con la microscopia observada se evidencio la presencia de hongos en el sustrato de lechuguín con *Glomeromycota*, y en el sustrato de bagazo de caña se evidenció dos tipos de sepas de hongos las cuales fueron *Fusarium sp*, *Chytridiomycota*.

Según Assress, Selvarajan, Nyoni, Ntushelo, Mamba y Msagati (2019), las plantas de tratamientos de aguas residuales evidencian la presencia de comunidades de hongos que contribuyen en la degradación de contaminantes orgánicos, los filos dominantes pertenecen a la clase *Basidiomycota*, *Ascomycota*, *Chytridiomycota*, *Glomeromycota*, *Zygomycota* los cuales fueron divididos en 6 filos y 361 géneros. En este sentido Guest y Smith (2003) describe que el filo *Ascomycota* son capaces de realizar la nitrificación y la desnitrificación en menor tiempo. Sin embargo Maza, Vilchez, Kerckhof, Aranda, Gonzáles y Rodelas (2016) detectaron varias comunidades de hongos que estaban estrechamente relacionados con géneros que degradaban de la materia orgánica y contaminantes orgánicos traza, los hongos encontrados en dichas aguas pertenecen a los géneros *Ascomycota*, *Basidiomycota* y *Chytridiomycota* y *Blastocladiomycota*, cabe recalcar la presencia de los microorganismos encontrados en nuestro estudio son casi similares debido a la inoculación de los sustratos con la misma agua de la planta de tratamiento.

En el caso de este estudio se llegó solamente a identificar si estos son Gram (-) o (+), además de la caracterización morfológica de hongos mediante microscopia, debido a que el objetivo principal es la descontaminación de los gases que producen malos olores, siendo requerido únicamente la ratificación de la presencia de bacterias y hongos en el sustrato.

En el caso de este estudio se llegó a caracterización morfológica de hongos mediante microscopia, debido a que el objetivo principal es la descontaminación de los gases que producen malos olores, siendo requerido únicamente la ratificación de la presencia de hongos en el sustrato.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La estructura del biofiltro de $1m^3$ construido en este estudio, demostraron ser resistentes a condiciones ambientales, además permitieron el funcionamiento adecuado del biofiltro, además la adición de sustrato demostró ser eficiente para la proliferación de microorganismos.

Las concentraciones de gases de sulfuro de hidrógeno y amoníaco en la planta de tratamiento biológico del estadio perteneciente a la Universidad Técnica del Norte son los principales causantes de malos olores.

El análisis bromatológico determinó la composición de los sustratos tomando en cuenta la relación de la cantidad de días transcurridos desde que se tomó la muestra hasta el análisis.

Se evidenció una completa ausencia del sulfuro de hidrógeno post tratamiento en ambos sustratos. De la misma manera se evidenció una completa ausencia de amoníaco post tratamiento en el sustrato de bagazo de caña y un aumento de la concentración en el lechuguín debido a que presenta un pH alcalino que favorece a la solubilidad del compuesto.

A través de la tinción Gram y la tinción azul lactofenol se observó la presencia de bacterias (-) y (+) y hongos de la familia *Ascomycota*, *Chytridiomycota*, *Glomeromycota* dentro del biofiltro.

5.2 Recomendaciones

Es necesario realizar una mayor cantidad de mediciones de los gases y con estas variables realizar una media, mínima y máxima para interpretar su comportamiento dentro de la planta de tratamiento biológico.

Para garantizar la eficiencia en remoción de malos olores procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales es necesario ampliar la caracterización de gases, ya que existe una amplia gama de gases odorantes que no fueron examinados en este estudio.

La esterilización del sustrato antes de colocarlo en el biofiltro es un procedimiento necesario para asegurar que la inoculación realizada sea con los microorganismos deseados y evita la proliferación de insectos.

El proceso de inoculación de microorganismos al sustrato es un paso fundamental que no debe ser obviado, el proceso toma alrededor de 3 meses como mínimo y requieren ser cultivados en un laboratorio con las normas de seguridad correspondientes.

Las dimensiones del biofiltro para el ancho, largo y alto deberían ser menores, para una mejor interpretación del comportamiento de las variables dentro del mismo, y un mayor alcance del gas a tratar en el sustrato.

Debido al prolongado tiempo de vida del sustrato es necesario mantener una humedad adecuada, además, del pH ya que estas variables influyen en las concentraciones de los gases, principalmente en el gas amoniac.

Es necesario colocar un biofiltro en la cámara de medición de caudal debido a que presenta un rango elevado de partículas por millón de sulfuro de hidrógeno que en un futuro puede ser perjudicial para la salud humana.

El cambio de los sustratos en los biofiltros se lo debe realizar en un periodo de 2 años, debido a que pierden efectividad en la remisión de malos olores por la degradación de las fibras.

REFERENCIAS

- Águila, I. y Sosa, M. (2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista Facultad de Ingeniería Universitaria, Universidad Central de Venezuela*, 23(4), 55-56.
- Ali, F. M., Talaiekhosani, A., Ponraj, M., Majid, M. Z., Hadibarata, T., & Goli, A. (2013). Proceso de biofiltración como un enfoque ideal para eliminar contaminantes del aire contaminado. *Universiti Teknologi Malaysia*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.854102>
- Almazan, O (2000). Parte V El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial. Capítulo I. Los orígenes. L, Gálvez y S, Roselló (Ed). *Manual de los derivados de la caña de azúcar*. (pp. 339-403). Habana, Cuba. ICIDCA
- Altamar, C. A. (2007). Tratamiento Biológico de Compuestos Orgánicos Volátiles: Dimensionamiento de un sistema de biofiltración de gases. *Investigación En Ingeniería*, (6), 116–123.
- Arana, P. (2010). Biofiltro edificio de tamicos de la E. D. A. R. de Arazuri: Estudio y propuestas de mejoras. *Universidad Pública de Navarra*, 1, 1–139.
- Arevalo, A., Bechoya, K., Cabarcas, F. y Alzate, J.(2017) Descripción de la microbiota bacteriana residente en el biosólido generado en la planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando. Itagüí, Colombia. *Salud Pública*, 19(6), 806-813.
- Assress, H. A., Selvarajan, R., Nyoni, H., Ntushelo, K., Mamba, B. B., & Msagati, T. A. M. (2019). Diversidad, concurrencia y Implicaciones de las comunidades fúngicas en plantas de tratamiento de aguas residuales. *Scientific Reports*, 9(March), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50624-z>
- ATSDR. (1999). *Reseña Toxicológica del Metil Mercaptano*, 1–2.

- Barrera Curihuentro, M. (2010). *Aplicación del modelo isc- aermod para la estimación de dispersión de olores. caso estudio: planta de tratamiento de aguas servidas la farfana*. Universidad de Chile, Santiago.
- Berenguer, J. (2013). Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores. *Centro nacional de condiciones de trabajo*. España.
- Borja, M. (2011). *Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda*. (Tesis de Grado Previo a la obtención del título de: Ingeniero en biotecnología ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.
- Bhattacharya, A. & Kumar, P. (2010). Water hyacinth as a potential biofuel crop. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry*, 9(1), 112-122.
- Buenaño, M. (2015). Propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa envasadora de leche del Cantón Rumiñahui, para que cumpla con la norma técnica ambiental., 1–155.
- Cabeza, I. (2013). Biofiltración de compuestos orgánicos volátiles utilizando diferentes tipos de lecho basados en mezclas de compost de rsu-poda: monitorización mediante diversas técnicas (Tesis de doctorado) Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Cacho, L., Amieva, J. y Tejero, I. (2007). *Estrategias de eliminación de sulfuro de hidrógeno con el reactivo IBSr en un reactor biopelícula*. *Ingeniería del Agua*, 14(2), 61-72.
- Calvo, G., & Hernández, P. (2016). Mitigación de malos olores generados en plantas de tratamiento de aguas residuales: Estudio de caso El Roble de Puntarenas Elaborado. *TECNOLÓGICO DE COSTA RICA*, 1–122.
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B. y Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. 2ª ed. Facultad de Química. México: UNAM.

- Carus Group Inc (2017). Hydrogen Sulfide. Reseña Toxicológica de Sulfuro de hidrógeno. Recuperado de <http://es.www.caruscorporation.com/water/wastewater/hydrogen-sulfide>
- Carrera, F., Donoso, A., Souto, J., & Ruiz-Filippi, G. (2014). Modeling the Odor Generation in WWTP: An Integrated Approach Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225(6)
- Castells, X., y Oliver, L. (2012). Tratamiento y acondicionamiento de gases: Tratamiento y valorización energética de residuos. Tratamiento y valorización energética de residuos. 899-938 Albazans. Madrid. Díaz de Santos.
- Cerrón, S. V., & Matos, C. A. (2013). Remoción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) contenido en el biogás, generado por un reactor anaerobio tipo uasb– diseño factorial 32. *Universidad Peruana Unión*, 1, 1–9.
- Chávez, C., Mora, A., Cabra, J., Revah, S., & Gnecco, G. (2004). Biofiltración de Ácido Sulfhídrico (H_2S), Utilizando Bagazo de Caña de Azúcar y Piedra Pómez como Material de Soporte. *Sucromiles y Levapan*, 5(2), 7–15.
- Chapela, F. (2013). Generación y modelación de olores en PTAS. Pontificia U. C. de V. Valparaiso.
- Conti, M. (2000). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (INTI). Recuperado de: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1090>
- Constitución De La República Del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador - 2008. *Registro Oficial*, 449(Principios de la participación Art.), 67. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dalton, P. (2013). How people sense, perceive and react to odors. *Biocycle* 44(11), 26-29.
- Deiana, V; Granados, D y Sardella, M. (Ed.) (2018). Balance de masa. Introducción a la ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Santa Fe. Mexico.

Universidad Iberoamericana.

Del Pozo, B. H. E. (2016). Código Orgánico De Organización Territorial. *LEXIS FINDER*, 1–183.

Despaigne, R., Cobián, J., Calá, G., Bonaventure, L., y Domínguez, L. (2012). Metabolismo de compuestos nitrogenados. *MEDISAN*, 16(6), 978-914.

Devinsky, J., Deshusses, M. & Webster, T. (1999). *Biofiltration for air pollution control*. Washinton D.C. United States of America. Taylor & Francis.

Díaz, R. Y., Casellas, O. R., Rodríguez, S. S., Fernández, S. E., & Pascual, M. S. (2016). Biofiltración del gas natural cubano en soporte orgánico con lodos activos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXVII(2), 68–78.

Doorn, M. R., Towprayoon, S., Manso, V. S. M., Irving, W., Palmer, C., Pipatti, R., & Wang, C. (2006). Tratamiento Y Eliminación De Aguas Residuales. *Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 1–31.

Donoso, D. (2015). Manejo del material vegetal lechuguín (*eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*lemna sp*) generados en la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de chaltura. (Tesis de Grado para Ingeniería en Recursos Naturales Renovables). Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.

Dräger, Tecnología para la vida. (2015). Manual de tubos Dräger y CMS, Medición de contaminantes en aire, suelo y agua, así como análisis técnicos de gases, 17° Edición. Luebeck, Alemania: Editorial Dräger Safety AG & Co KGaA.

Etcharen Ulloa P., (2005). “Diseño de un sistema de biofiltración para la eliminación de olores en la fábrica Lubascher y Krause”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco, (Tesis doctoral), Temuco.

García, A. I. (2012). La contaminación ambiental por olores. Estrategias de análisis y eliminación de las moléculas odoríferas, 1–29.

- GERHARDT. (2015). Análisis de nitrógeno el método de Johan *Kjeldahl*. C. *GERHARDT GMBH & CO. KG KG*. 1-6.
- Guest, R. K., & Smith, D. W. (2003). Un potencial nuevo papel para los hongos en un sistema de reducción biológica de nitrógeno MBR aguas residuales, *437(March)*, 433–437. <https://doi.org/10.1139/S02-037>
- Hansen, G. (2015). Determinación de humedad gravimétrica de suelos. Su correlación con sensores de humedad. *Centro de Estudios Hidro-Ambientales. FICH-UNL*. 1-4.
- Howe, K., Hand, D., Crittrnden, J., Trussell, R. y Tchobanoglous, G. (2016) *Principios de tratamiento de aguas*. México.
- Iglesias, D., Segarra, M., Veza, E., Hernaiz, G., Pertejo, L. y Urtiaga, A. (2014). *Contaminación odorífera*. Documento del Grupo de Trabajo de Conama. Coordina: Colegio Oficial de Químicos de Madrid. España.
- ITNE (Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística). (2016). *Guía de Tecnologías limpias en el ámbito de olores*. Valencia. España. Xarxa Ambiental.
- Jiménez, E., & Villegas, A. M. (2005). Diseño de un sistema de biofiltración para la remoción de estireno. *Matemáticas Un Aspecto Que Mejora*, 139–151.
- Jones, C. (2013). Nitrógeno. La espada de doble filo. *VitaVeris*. Recuperado de: <http://vitaveris.com/wp-content/uploads/2017/01/Nitr%C3%B3geno-La-espada-de-doble-filo.pdf>
- Kanagawa, T., Qi, H. W., Okubo, T., & Tokura, N. (2004). Tratamiento biológico de gas amoníaco a alta carga. *Water Science and Technology*, *50(4)*, 283–290.
- Kastenmayer, P. (1997). *Análisis de minerales y elementos traza en alimentos*. Santiago, Chile: Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA).

- Lara, O. E. O. (2010). Características de las aguas residuales., 1–33.
- LAVET, Laboratorio veterinario. (2015). Medicina Veterinaria. *Analizando alimentos: Los Análisis bromatológicos*. recuperado de: <http://www.lavet.com.mx/analizando-alimentos-analisis-bromatologicos/>
- Lee, D. H., Lau, A. K., & Pinder, K. L. (2011). Desarrollo y ejecución de un sistema de biofiltro Alternativa Desarrollo y ejecución de un sistema de biofiltro Alternativa. *Revista de La Asociación de Aire y Gestión de Residuos*, 2247(2001), 78–85.
- Lehtinen, J. & Veijanen, A. (2010). Odour Monitoring by Combined TD–GC–MS–Sniff Technique and Dynamic Olfactometry at the Wastewater Treatment Plant of Low H₂S Concentration. *Water, Air, & Soil Pollution*, 218(1-4), 185-196.
- López, D. (2012) Aprovechamiento del Leghuguín ("Eichhornia Crassipes") para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores. (Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Cuenca. Ecuador.
- López, L., Hernández, M., Colín, C., Ortega, S., Cerón, G. y Franco, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. *Investigación en Discapacidad*. 3(1), 10-18.
- MAE. (2004). Ley De Gestion Ambiental, Codificacion. *Codificacion De La Ley De Gestion Ambiental*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Manals, E., Penedo, M, y Salas, D. (2015). Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. *Tecnología Química*, 35(2), 244-255.
- Martelo, J., & Lara, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte, 221–243.

- Martinez, P., Rodríguez, I., Esperanza, G. y Leiva, J. (2014). Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. *Afinidad Online*, 71(565).
- Maza, M. P., Vilchez, V. R., Kerckhof, F. M., Aranda, E., Gonzáles, L. J., & Rodelas, B. (2016). Página 1 Estructura comunitaria, dinámica de la población y diversidad de hongos en un biorreactor de membrana a gran escala (MBR) para aguas residuales urbanas tratamiento. *Water Research*, 105, 507–519. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.09.021>
- McClements, J. (2007). Editor. *Entender y controlar la microestructura de los alimentos complejos*. Woodhead Publishing. Cambridge. Reino Unido
- Merencio, O. y Antolin, G. (2003). Caracterización del bagazo de caña de azúcar mediante Análisis Térmico. *Informacion Tecnologica*. 14(4). 91-96.
- Moeller, G., y Tomasini, A. (2010). Microbiología de lodos activados. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 148–208. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Morgan, S. J. M., Moiseev, S. R., & Robles, A. N. (2000). Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 12(5), 1–12.
- Morgan, J., Revah, S. y Noyola, A. (2001). Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. UNAM, Universidad Coyoacan y Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Mexico.
- Mozo, C. B. (2011). Instalacion de biofiltros en la E. D. A. R. “Guadalete” de Jerez de la frontera para la desodorización de gases. *Universidad de Cádiz*, 1–520.
- Mücke, W. y Lemmen, C. 2012. Odorants and health. Part 5: Odors in the outdoor air - Source and effects. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 17 (4). 221-232.

- Muñoz, R., Sivret, E.C., Parsi, G., Lebrero, R., Wang, X., Suffet, I.H., Stuetz, R.M. 2010. Monitoring techniques for odour abatement assessment. *Water Research. Water Res.* 44(18). 49-512
- Quiroga, L. M. S., & Pacheco, L. P. P. 2018. Remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la Industria Alimenticia. *Ciencia de La Vida*, 27(1), 112–123. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.09>
- PanReac AppliChem (2017). Determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl. *ITW Reagents*. Barcelona, España.
- Ramírez, M. (2007). *Viabilidad de un proceso para la eliminación conjunta de h₂s y nh₃ contenido en efluentes gaseosos*. (Tesis Doctoral). Universidad de Cádiz, Cádiz.
- Ríos, S., Agudelo, R. y Gutiérrez, L. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. doi: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Robles, A. N., González, E. V., Hernández, J. R., & Mólgora, C. C. (2000). Alternativas de tratamiento de aguas residuales. *Instituto Mexicano de Tecnología Del Agua Centro de Consulta Del Agua, Reimp de 3*, 398.
- Rodriges, C., Giménez, S. y Maguana, C. (2017). Cuantificación de fósforo en distintas muestras de suelo (Material del Aula). *Química Bio-Organica*. Consejo de Educación Técnico Profesional y Universidad del Trabajo del Uruguay. Uruguay.
- Roja, N., Obregón, I., Elías, A., Barana, A., & Lara, R. M. De. (2012). La biofiltración como alternativa para el tratamiento. *Universidad Del País Vasco*, 11–13.
- Romero, J. A. (2002). Tratamientos de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 2da Edición. Bogota, Colombia. Escuela colombiana de ingeniería.

- Sáenz, L. E., Zambrano, D. A., & Calvo, J. A. (2016). Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 29, 137–149.
- Sagastume, J., Moiseev, S., y Robles, A. (2000). Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. Universitaria, Coyoacan, México. Gaceta electrónica.
- Sánchez, S. y Orduz, S. (2015). Sistemas biológicos para el manejo ambiental: Alternativas de control para contaminantes Atmosféricos. Universidad de la Costa. C.U.C. Sena, Portal de revista.
- SENPLADES. (2017). Plan nacional de desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida.” *Senplades*, 1–148.
- SIE. (2019). Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente. *SIE Derecho Ambiental*, (507), 286.
- Silva, J. (2007). Identificación de hongos fitopatógenos y presencia de Salmonella sp en compost de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Respuestas*. 12(7). 12-19.
- Schiffman, S., & Williams, C. (2005). Science of odor as a potential health issue. *Journal of Environmental Quality*, 34(1), 129-138.
- St. Croix Sensory, I. (2005). La ciencia y la tecnología de la Medición del Olor. *Calidad Del Aire Del Departamento de Recursos Naturales de Iowa*, 1(June), 1–60.
- Terán, J., & Solorzano, P. (2013). Ingeniería Ambiental. *Ingeniería Revista Académica*, 2(1), 12.120.
- Torres, D. (2011). *Caracterización microbiológica del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ubicada en el campus de la Universidad Militar Nueva Granada – Sede Cajicá*. (Informe final presentado como requisito Parcial para optar al título de Ingeniero Civil). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C

- Torres, A., Camberato, D., López, R. y Mickelbart, M. (2010). Medición de pH y Conductividad Eléctrica en Sustratos. Purdue Extension, THiNK, HO(237)SW, 1-6.
- Thalasso, F., & Pineda, O. R. (2002). Biofiltración: tratamiento biológico de aire contaminado. *Avance y Perspectiva*, 21(XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería), 325–327.
- UNESCO. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales. El recurso desaprovechado. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia y La Cultura*, 1–202.
- Valencia, E. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera Parroquial de San Luis – Provincia de Chimborazo, 1–178.
- Varnero, M., Carú, M., Galleguillos, K., & Achondo, P. (2012). Tecnologías disponibles para la purificación de biogás usado en la generación eléctrica. *Informacion Tecnologica*, 23(2), 31–40. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000200005>
- Vargas, L., Camargo, J. (2012). *Manual 4: Practica de laboratorio de análisis químico I*. Universidad Industrial de Santander. Colombia
- Vargas, P., Hoyos, J. y Mosquera, S. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(1), 136-145.
- Velázquez, J. C. (2015). Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz. *Universidad Autónoma Del Estado de México*, 1, 112. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/oca/view/20.500.11799/23558/1/UAEM-FAPUR-TEESIS-CORTES, JENNIFER.pdf>
- Vergara, A. O., Aroca, G. E., Lara, L. F., & Alarcon, N. A. (2003). Biofiltración de aire contaminado con hidrocarburos volátiles., (XV Congreso de Ingeniería

Sanitaria y Ambiental AIDIS), 1–12.

Villareal (2015). *Diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la universidad Técnica del Norte, cantón Ibarra provincia de Imbabura*. (Tesis de Grado previo a la obtención del título de: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables) Universidad Técnica del Norte, Imbabura, Ecuador.

Villén, P. L. (2010). Diseño de un biofiltro. *Universidad Politècnica de Catalunya BarcelonaTECH*, 1, 1–77. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10427/Memòria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yang, L., Kent, A., Wang, X., Funk, T., Gates, R. & Zhang, Y. (2014). Moisture effects on gas-phase biofilter ammonia removal efficiency, nitrous oxide generation, and microbial communities. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.058

ANEXOS

Anexo A. Informe del análisis inicial de muestra de lechuguín para contenido de humedad y ceniza.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA FARMACEUTICA
INFORME DE RESULTADOS

INF. QFARM. No. 3216
ORDEN DE TRABAJO No. 61508

SOLICITADO POR:	REYES VASQUEZ TATIANA ELIZABETH
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA
MUESTRA DE:	PLANTAS
DESCRIPCIÓN:	LECHUGUIN M 2
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	07 /06/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	11:17
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 12 AL 26/06/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	28/06/2019
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
ESTADO:	SÓLIDO
CONTENIDO:	250 g
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
HUMEDAD	%	20,53	GRAVIMETRICO
CENIZA	%	18,35	CALCINACION Y GRAVIMETRIA



2 /1/

Bf. Darwin Roldan Robles
LABORATORIO QUIMICA FARMACEUTICA



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo B. Informe del análisis inicial de muestra de lechuguín para contenido de potasio, fosforo y nitrógeno.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 48749
ORDEN DE TRABAJO No. 60790

SOLICITADO POR:	CHUQUIN HERNANDEZ LUIS MIGUEL		
DIRECCION DEL CLIENTE:	IBARRA		
MUESTRA DE:	ALIMENTO		
DESCRIPCIÓN:	LECHUGUIN		
FECHA DE RECEPCIÓN:	1/3/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	13H56
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 01/03/2019 AL 26/03/2019		
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/3/2019		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	CARACTERÍSTICO	ESTADO:	SOLIDO
		CONTENIDO:	785 g
OBSERVACIONES:	<ul style="list-style-type: none"> * Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en que se emite la orden de trabajo 		

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS
FOSFORO TOTAL	mg/kg	218,91	DIGESTION ACIDA /COLORIMETRICO MOLIBDATO-VANADATO
POTASIO	mg/kg	2.410,24	ABSORCION ATOMICA
NITROGENO TOTAL	mg/kg	620,00	KJELDAHL



B.F. Alicia Cepa
B.F. ALICIA CEPA
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

2 1/1

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo C. Informe del análisis inicial de muestra de bagazo de caña para contenido de humedad y ceniza.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE ALIMENTOS
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. ALI- 27079
ORDEN DE TRABAJO No. 60789

SOLICITADO POR:	CHUQUIN HERNANDEZ LUIS MIGUEL
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	IBARRA
MUESTRA DE:	MUESTRA
DESCRIPCIÓN:	BAGAZO DE CAÑA
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	----
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	01/03/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	13:56
FECHA DE ANÁLISIS:	07-13/03/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	14/03/2019
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	SOLIDO
Contenido:	600 g
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREO POR:	El Cliente

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Humedad	%	53.94	MAL-13/ AOAC 925.10
Cenizas	%	3.85	MAL-02/ AOAC 923.03



[Firma]
Dr. Geovany Garófalo
JEFE AREA DE ALIMENTOS



RAL-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo D. Informe del análisis inicial de muestra de bagazo de caña para contenido de potasio, fosforo y nitrógeno.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 48748
ORDEN DE TRABAJO No. 60790

SOLICITADO POR:	CHUQUIN HERNANDEZ LUIS MIGUEL				
DIRECCION DEL CLIENTE:	IBARRA				
MUESTRA DE:	ALIMENTO				
DESCRIPCIÓN:	BAGAZO DE CAÑA				
FECHA DE RECEPCIÓN:	1/3/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	13H56		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 01/03/2019 AL 26/03/2019				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/3/2019				
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	CARACTERISTICO	ESTADO:	SOLIDO	CONTENIDO:	600 g
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en que se emite la orden de trabajo				

RESULTADOS			
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS
FOSFORO TOTAL	mg/kg	67,69	DIGESTION ACIDA /COLORIMETRICO MOLIBDATO-VANADATO
POTASIO	mg/kg	563,76	ABSORCION ATOMICA
NITROGENO TOTAL	mg/kg	2.000,00	KJELDAHL



x [Signature]
B.F. ALICIA CEPA
JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

1 1/1

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo E. Medición y corrección del error en ppm de Sulfuro de Hidrógeno y Amoniacó en la planta de tratamiento biológico en el estadio de la UTN

Gas/ Muestra	Sulfuro de Hidrógeno ppm	Corrección	Amoniaco ppm	Corrección
R1	1,1	1,434	1	1,304
R2	1,2	1,564	2	2,607
R3	1,2	1,564	2,5	3,259
R4	1,5	1,956	2,5	3,259
R5	1,1	1,434	2	2,607
R6	1,2	1,564	2,5	3,259
R7	1,2	1,564	2,5	3,259
R8	1,5	1,956	3	3,911
R9	1,7	2,216	2,5	3,259
R10	3	3,911	2,5	3,259

Anexo F. Medición y corrección del error en ppm de Amoniaco en función del lechuguín y Bagazo de caña.

Gas/ Muestra	Medida inicial	Corrección	Lechuguín	Corrección	Bagazo de caña
R1	1	1,304	6	7,822	0
R2	2	2,607	5	6,519	0
R3	2,5	3,259	6	7,822	0
R4	2,5	3,259	5	6,519	0
R5	2	2,607	4	5,215	0
R6	2,5	3,259	4	5,215	0
R7	2,5	3,259	4	5,215	0
R8	3	3,911	4	5,215	0
R9	2,5	3,259	4,5	5,867	0
R10	2,5	3,259	4,9	6,388	0

Anexo G. Medición y corrección del error en ppm de Sulfuro de Hidrógeno en función del lechuguín y Bagazo de caña.

Gas/ Muestra	Medida inicial	Corrección	Lechuguin	Bagazo de caña
R1	1	1,304	0	0
R2	2	2,607	0	0
R3	2,5	3,259	0	0
R4	2,5	3,259	0	0
R5	2	2,607	0	0
R6	2,5	3,259	0	0
R7	2,5	3,259	0	0
R8	3	3,911	0	0
R9	2,5	3,259	0	0
R10	2,5	3,259	0	0

Anexo H. Informe del análisis final de muestra de lechuguín para contenido de humedad, ceniza, potasio, fosforo y nitrógeno.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA FARMACEUTICA
INFORME DE RESULTADOS

INF. QFARM. No. 3215
 ORDEN DE TRABAJO No. 61508

SOLICITADO POR:	REYES VASQUEZ TATIANA ELIZABETH
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA
MUESTRA DE:	PLANTAS
DESCRIPCIÓN:	LECHUGUIN M 1
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	07 /06/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	11:17
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 12 AL 26/06/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	28/06/2019
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
ESTADO:	SÓLIDO
CONTENIDO:	250 g
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
HUMEDAD	%	22,87	GRAVIMETRICO
CENIZA	%	13,72	CALCINACIÓN Y GRAVIMETRICO
NITROGENO TOTAL	mg/kg	2300	KJELDHAL
FOSFORO TOTAL	mg/kg	1300,25	EXTRACCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA
POTASIO TOTAL	mg/kg	950,20	EXTRACCIÓN Y ABSORCIÓN ATÓMICA



1 /1

Bf. Darwin Roldan Robles
LABORATORIO QUIMICA FARMACEUTICA



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
 Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo I. Informe del análisis final de muestra de bagazo de caña para contenido de humedad, ceniza, potasio, fosforo y nitrógeno.



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS**

**LABORATORIO DE QUIMICA FARMACEUTICA
INFORME DE RESULTADOS**

**INF. QFARM. No. 3217
ORDEN DE TRABAJO No. 61508**

SOLICITADO POR:	REYES VASQUEZ TATIANA ELIZABETH
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA
MUESTRA DE:	PLANTAS
DESCRIPCIÓN:	BAGAZO DE CAÑA
LOTE:	-----
FECHA DE ELABORACIÓN:	-----
FECHA DE VENCIMIENTO:	-----
FECHA DE RECEPCIÓN:	07 /06/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	11:17
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 12 AL 26/06/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	28/06/2019
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
ESTADO:	SÓLIDO
CONTENIDO:	250 g
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREADO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
HUMEDAD	%	36,76	GRAVIMETRICO
CENIZA	%	7,56	CALCINACIÓN Y GRAVIMETRICO
NITROGENO TOTAL	mg/kg	2350,4	KJELDHAL
FOSFORO TOTAL	mg/kg	568,00	EXTRACCIÓN Y ESPECTROFOTOMETRÍA
POTASIO TOTAL	mg/ kg	546	EXTRACCIÓN Y ABSORCIÓN ATÓMICA

3 1/1



Bf. Darwin Roldan Robles

LABORATORIO QUIMICA FARMACEUTICA



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

Anexo J. Informe del análisis de muestra de agua para el control de humedad en contenido de potasio, fosforo y nitrógeno



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
 OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL
 INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. AMB 49597
 ORDEN DE TRABAJO No. 62031

SOLICITADO POR:	REYES VASQUEZ TATIANA ELIZABETH				
DIRECCION DEL CLIENTE:	SAN ANTONIO DE IBARRA				
MUESTRA DE:	AGUA				
DESCRIPCIÓN:	AGUA PLANTA DE TRATAMIENTO				
FECHA DE RECEPCIÓN:	19/08/2019	HORA DE RECEPCIÓN:	10H47		
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 19/08/2019 AL 28/08/2019				
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	28/8/2019				
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERISTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	1 L
OBSERVACIONES:	* Los resultados se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregadas al personal técnico del OSP. * La fecha de recepción corresponde a la fecha en la que se emite la orden de trabajo.				

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
FOSFORO TOTAL	mg/L	10,7	MAM-15, MAM-17 / APHA 4500-P C y/o C y E MODIFICADO	12,60
* NITROGENO TOTAL	mg/L	64	MAM-45 / METODO RAPIDO MERCK MODIFICADO	-
POTASIO	mg/L	21,8	MAM-26 / 3111 B MODIFICADO	8,49



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE 1C 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE



B.F. ALICIA CEPA
 JEFE DE AREA DE AMBIENTAL

RAM-4.1.04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral- Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33
 Teléfono: 3216740 - E-mail: fcq.osp@uce.edu.ec

Anexo K. Repeticiones de medición pH del sustrato a base de Lechuguín y pomina en función de su profundidad.

Profundidad/ Repetición	10 cm	20 cm	30 cm
R-1	8	8	8
R-2	8,4	8,4	8,4
R-3	8,37	8,4	8,46
R-4	8,4	8,7	8,1
R-5	8	7,5	8,2
R-6	8,07	8,46	8,73
R-7	8,66	8,6	8,62
R-8	8,46	8,52	8,61
R-9	8,52	8,48	8,6
R-10	8,36	8,4	8,42
Media	8,32	8,35	8,41
Desviación estándar	0,23	0,35	0,24

*R- Repetición.

Anexo L. Repeticiones de medición pH del sustrato a base de Bagazo de caña y pomina en función de su profundidad.

Profundidad/ Repetición	10 cm	20 cm	30 cm
R-1	7	6,5	7,5
R-2	7,1	6,8	6,9
R-3	7,36	7,5	7,42
R-4	7	6,8	7
R-5	6,7	7	7,4
R-6	7,5	7,98	7,59
R-7	7,61	7,64	7,45
R-8	7,53	7,6	7,5
R-9	7,42	7,56	7,48
R-10	7,51	7,62	7,49
Media	7,27	7,30	7,37
Desviación estándar	0,30	0,48	0,23

*R-1 repetición uno, dos, etc.

Anexo M. Repeticiones de medición de Temperatura en °C del sustrato de Lechuguín en función de la profundidad.

Profundidad/ Repetición	0 cm	10 cm	20 cm	30 cm	Am*
R-1	20,1	22,4	22,5	22,7	22,3
R-2	19,7	20,6	20,9	20,9	21,1
R-3	21	21,6	22,1	22,4	23,1
R-4	24,8	24,5	24,7	25,2	25,4
R-5	19	20	19	21,5	24
R-6	21	19	19,5	21,5	22
R-7	19	19	19,5	21	22
R-8	19	18	19	19	20
R-9	19,3	19	19	19	21
R-10	18,8	18,5	18,5	18,5	20
Media	20,17	20,26	20,47	21,17	22,09
Desviación estándar	1,82	2,04	2,03	2,03	1,72

(Am* temperatura dentro del biofiltro, superficie del sustrato)

Anexo N. Repeticiones de medición de Temperatura en °C del sustrato de Bagazo de caña en función de la profundidad.


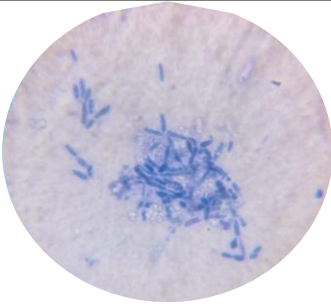
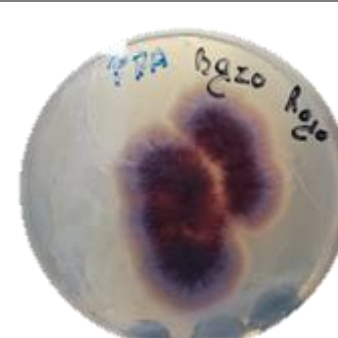
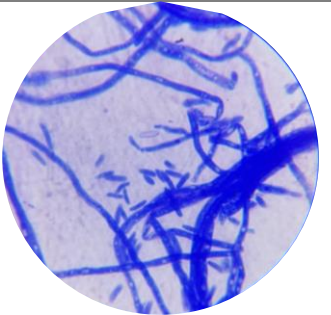

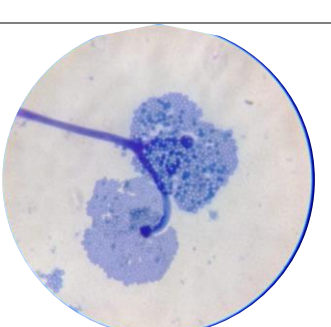

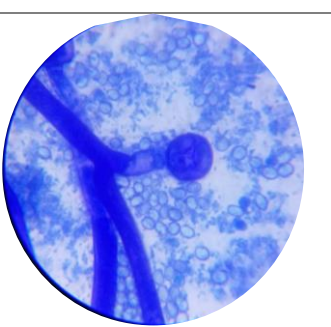
Profundidad/ Repetición	0 cm	10 cm	20 cm	30 cm	Am*
R-1	20,4	20,6	21	21	21,4
R-2	19,8	20	20,3	20,3	21,2
R-3	21,4	21,6	21,5	21,9	22,9
R-4	23,6	23,6	24	24,5	25,3
R-5	19	19	19	20	22
R-6	20,5	20,5	21,5	21	21
R-7	19	18,5	18	19	20
R-8	18	18	18	18	20
R-9	20,3	20	20,1	19,8	20,5
R-10	19	19,5	19,5	19	20
Media	20,10	20,13	20,29	20,45	21,43
Desviación estándar	1,58	1,61	1,83	1,82	1,66

(Am* temperatura dentro del biofiltro, superficie del sustrato)

Anexo O Tinción Gram de las bacterias encontradas en los sustratos de Lechuguín y Bagazo de Caña

Cultivo	Lente objetivo 100x	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Lechuguín. • Gram +. • Dipolo cocos.
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Bagazo de caña. • Gram +. • Cocos.
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Bagazo de caña. • Gram +. • Bacilos.

Anexo P Microscopia de hongos encontradas en los sustratos de Lechuguín y Bagazo de Caña

Cultivo	Lente objetivo 100x	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Bagazo de caña. • <i>Chytridiomycota sp</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Bagazo de caña. • <i>Fuzarium sp</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Lechuguín. • <i>Glomeromyces sp</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Origen: sustrato de Lechuguín. • <i>Glomeromyces sp</i>