

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/171

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR (ES):

NOMBRE (S): BRENDA LUCIA **APELLIDOS:** ARTEAGA CELIS

NOMBRE (S): YURINEY ELIZABETH **APELLIDOS:** OCHOA RANGEL

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR:

NOMBRE (S): DORANCÉ **APELLIDOS:** BECERRA MORENO

TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ACOUPLE DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA A UN PROCESO BIOLÓGICO AEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS.

RESUMEN:

Los agroquímicos son utilizados habitualmente en la agricultura de la región norte santandereana para la conservación y el óptimo desarrollo de los cultivos, por lo que el uso excesivo e inadecuado de plaguicidas como el Clorpirifos, puede afectar la salud de los seres vivos y dificultar la preservación de los recursos hídricos. Por tal motivo, se evaluó la eficiencia del acople de fotocátalisis heterogénea a un proceso biológico aerobio, para el tratamiento de aguas residuales agrícolas con contenido de Clorpirifos, realizándose un seguimiento a la carga orgánica contaminante mediante parámetros como Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Disuelto (COD). En la investigación se trabajó con una muestra sintética de agua residual, preparada a partir de la caracterización de efluentes agrícolas que contienen este plaguicida, provenientes del lavado del equipo de fumigación de dos cultivos de las veredas el Encanto (Cúcuta) y el Alto (Bucarasica). Esta muestra fue sometida a un proceso biológico de lodos activados a través del test Zahn Wellens, el cual no fue eficiente. Por otra parte, en el proceso de fotodegradación se obtuvo una mineralización de 44,18% de COD a una energía acumulada de 60 kJ/L. Finalmente, se estableció que el acople analizado bajo las condiciones óptimas determinadas a través de Statgraphics, obtuvo una eficiencia de remoción del 88% de DQO y 67% de COD. De acuerdo a lo anterior se concluye, que el tratamiento fotocatalítico permitió que el agua residual pudiera ser degradada posteriormente en un proceso biológico y obtener una mayor remoción de la carga orgánica contaminante.

PALABRAS CLAVE: Fotocatálisis Heterogénea, Lodos Activados, Test de Zahn Wellens, Clorpirifos, Colector Cilíndrico Parabólico Compuesto, Mineralización.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 170

PLANOS:

ILUSTRACIONES: 40

CD-ROOM: 1

Elaboró	Revisó	Aprobó
Equipo Operativo del Proceso	Comité de Calidad	Comité de Calidad
Fecha	Fecha	Fecha

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ACOPLÉ DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA
A UN PROCESO BIOLÓGICO AEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS

BRENDA LUCIA ARTEAGA CELIS
YURINEY ELIZABETH OCHOA RANGEL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ACOPLA DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA
A UN PROCESO BIOLÓGICO AEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS

BRENDA LUCIA ARTEAGA CELIS
YURINEY ELIZABETH OCHOA RANGEL

PROYECTO DE GRADO MODALIDAD INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL.

DIRECTOR:

ING. DORANCÉ BECERRA MORENO
MSC. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

CODIRECTOR:

ING. NÉSTOR ANDRÉS URBINA SUAREZ
MSC. BIOTECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 15 DE AGOSTO DE 2018

HORA: 08:00 AM

LUGAR: AUDITORIO DE VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO: "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL ACOPLE DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA A UN PROCESO BIOLÓGICO AEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS"

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

JURADOS: MARTHA TRINIDAD ARIAS PEÑARANDA
PAOLA ANDREA SANGUINO BARAJAS
JOSE MANUEL VILLAMIZAR IBARRA

DIRECTOR: DORANCE BECERRA MORENO

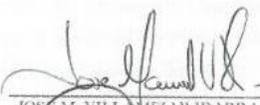
NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
YURINEY ELIZABETH OCHOA RANGEL	1650447	4.7
BRENDA LUCIA ARTEAGA CELIS	1650437	4.7

OBSERVACIONES: MERITORIO.

FIRMA DE LOS JURADOS:


MARTHA T. ARIAS PEÑARANDA


PAOLA A. SANGUINO BARAJAS


JOSE M. VILLAMIZAR IBARRA

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular


JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

Dedicatoria

A Dios, por permitirme culminar mis estudios y por darme la sabiduría para la realización de un sueño más.

A mi madre, por ser una mujer con carácter, que con su ejemplo me ayudó a tomar mis propias decisiones, a perseverar en la búsqueda de mis propios logros; por el apoyo, confianza y amor que me ha dado a lo largo de este camino, para finalmente poder decir: ¡mami lo logramos! Gracias por todo.

A mi padre, por ser el compañero fiel de mi madre, por apoyar y acompañarla en todas sus decisiones, y juntos ser merecedores de este logro.

A mi hermana, amiga y cómplice, por estar a mi lado brindando su cariño y apoyo en todo momento.

A mis hermanos por ser una motivación para dar lo mejor de mí en la construcción de esta meta.

A mi amigo, confidente y sobre todo mi gran amor, por compartir conmigo muchos momentos durante mi carrera, que con su amor, confianza, apoyo y experiencia me ayudó a tomar buenas decisiones a la hora de resolver problemas.

A mis familiares, por su apoyo en mi preparación profesional.

A los buenos amigos que a lo largo de mi camino he podido conocer, con los cuales he compartido muchos momentos felices en el transcurso de este proceso.

A mi compañera, amiga y confidente, por estar a mi lado todo este tiempo, por darme un espacio en su familia y en su corazón.

Brenda Lucia Arteaga Celis

Dedicatoria

A Dios, por brindarme las herramientas necesarias y ayudarme a superar cada uno de los obstáculos para el cumplimiento de esta meta.

A mi madre, mujer trabajadora y luchadora que me ha formado bajo unos excelentes valores, por ser mi motor para salir adelante, por acompañarme en toda mi formación profesional, este triunfo es de ella.

A mi tía, por ser mi segunda madre, por brindarme su apoyo incondicional y por acompañarme en mis días buenos y malos.

A mis demás familiares, que siempre con su buen humor y palabras de apoyo, me animaron a continuar y dar siempre lo mejor de mí.

A mi gran amor, quien con su compañía, apoyo y consejos durante casi toda mi formación profesional, no me dejó decaer en los momentos difíciles y me impulsó a ser mejor cada día.

A mis compañeros y amigos con quienes conformamos un gran equipo de trabajo y compartimos muchos momentos felices que siempre permanecerán en mi corazón.

A mi compañera de este triunfo, por su paciencia, apoyo, palabras de ánimo que hicieron posible esta gran meta.

A mis compañeros y tutores de prácticas profesionales, con quienes compartí experiencias enriquecedoras que me ayudaron a mejorar a nivel profesional y personal.

A mi profe de literatura y su familia, personas maravillosas que siempre estuvieron dispuestas a brindarme su apoyo incondicional, sabiduría y consejos que aportaron a mi crecimiento personal.

Yuriney Elizabeth Ochoa Rangel

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios por ser nuestro apoyo y fortaleza en los momentos difíciles, por acompañarnos durante toda nuestra carrera y guiar e iluminar nuestro camino.

A nuestras familias, por ser nuestros aliados en la construcción de este gran sueño, por ser nuestra mayor motivación, promotores de amor y comprensión en todos los momentos de dificultad que se presentaron en el camino.

Al Msc Ing Dorancé Becerra Moreno, director del proyecto, quien con toda su experiencia y sabiduría aportó de una manera muy significativa al desarrollo de esta investigación. Muchas gracias por su paciencia, dedicación en las asesorías, por la solución de las inquietudes que se presentaron a lo largo de la ejecución del proyecto, por su orientación y confianza brindada, que aportaron a nuestro crecimiento profesional.

A los ingenieros asistentes de los laboratorios del complejo de Campos Elíseos por la colaboración brindada durante todo el desarrollo del proyecto y sus mensajes de ánimo.

A los profesores por su gran dedicación a lo largo de toda nuestra carrera, por transmitir sus conocimientos y por brindarnos consejos que nos impulsaron a aprovechar los saberes de esta maravillosa profesión.

A la Universidad Francisco de Paula Santander y su Programa de Ingeniería Ambiental por educarnos bajo unos excelentes principios y valores, formándonos como personas íntegras y disciplinadas comprometidas con el medio ambiente.

A nuestros compañeros de lucha, por su compañía en cada uno de los procesos vividos para llegar al final de este logro y a todos los que de una u otra manera aportaron su granito de arena para que esta meta fuera posible, mil gracias.

Tabla de Contenido

Resumen	13
Introducción	15
1 Problema	17
1.1 Título	17
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Formulación del Problema	20
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivos Generales	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
1.5 Justificación	21
1.6 Alcances y Limitaciones	22
1.6.1 Alcances	22
1.6.2 Limitaciones.	23
2 Marco Referencial	24
2.1 Antecedentes	24
2.2 Marco Teórico	29
2.2.1 Los Plaguicidas.	29
2.2.2 Procesos de tratamiento biológicos.	30
2.2.3 Procesos de Oxidación Avanzada.	31
2.2.4 Fotocatálisis Heterogénea.	32
2.3 Marco conceptual	35
2.3.1 Biodegradibilidad.	35
2.3.2 Carbono Orgánico Total (COT).	36
2.3.3 Catalizador.	36
2.3.4 Colector Cilíndrico Parabólico Compuesto – CPC.	36
2.3.5 Clorpirifos.	37
2.3.6 Demanda Química de Oxígeno – DQO.	37
2.3.7 Diseño de experimentos.	37
2.3.8 Diseño experimental completamente aleatorizado unifactorial de efectos fijos.	37
2.3.9 Diseño experimental de superficies de respuesta.	38
2.3.10 Índice Volumétrico de Lodos IVL.	38
2.3.11 Insecticida.	38
2.3.12 Lodo Activado.	38

2.3.13	Oxígeno disuelto.	39
2.3.14	Potencial de Hidrógeno (pH).	39
2.3.15	Plaguicida.	39
2.3.16	Prueba de Zanh Wellens.	39
2.3.17	Prueba de Inhibición de la Respiración.	40
2.3.18	Proceso biológico de tratamiento de aguas residuales.	40
2.3.19	Proceso biológico aerobio.	40
2.3.20	Reactor de lodos activados.	40
2.3.21	Reactores en Batch.	41
2.3.22	Semiconductor metálico.	41
2.3.23	Sólidos Suspendidos Totales (SST).	41
2.3.24	Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).	41
2.3.25	Tasa de consumo de Oxígeno.	41
2.3.26	Tiempo de retención hidráulico.	41
2.4	Marco Contextual	42
2.4.1	Bucarasica	42
2.4.2	Cúcuta	44
2.5	Marco Legal	46
3	Diseño Metodológico	50
3.1	Tipo de Investigación	50
3.2	Universo y Muestra	50
3.2.1	Universo	50
3.2.2	Muestra	50
3.3	Hipótesis	50
3.4	Variables	51
3.5	Fases de la investigación	52
3.5.1	Determinación del uso del plaguicida en los municipios incluidos en el estudio.	52
3.5.2	Caracterización de las aguas residuales con contenido de Clorpirifos.	54
3.5.3	Caracterización del lodo.	61
3.5.4	Evaluación de la biodegradabilidad del agua residual agrícola en reactores biológicos aerobios.	66
3.5.5	Evaluación de la fotodegradación del agua residual agrícola en un colector Cilíndrico Parabólico Compuesto empleando TiO ₂ como catalizador.	71
3.5.6	Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos.	75
4	Resultados y Discusión	77

4.1	Determinación del uso del plaguicida en los municipios incluidos en el estudio	77
4.2	Caracterización de las aguas residuales con contenido de Clorpirifos	83
4.2.1	Verificación del método analítico utilizado para determinar la Demanda Química de Oxígeno – DQO y el Carbono Orgánico Total –COD	83
4.2.2	Análisis de la caracterización de las aguas residuales agrícolas con contenido de Clorpirifos	85
4.3	Caracterización del lodo aerobio	88
4.4	Evaluación de la biodegradabilidad del agua residual agrícola en reactores biológicos aerobios	90
4.4.1	Preparación de la muestra sintética	91
4.4.2	Prueba de inhibición de la respiración	91
4.4.3	Prueba de evaluación de la biodegradabilidad aerobia	93
4.5	Evaluación de la fotodegradación del agua residual agrícola en un colector Cilíndrico Parabólico Compuesto empleando TiO_2 como catalizador	101
4.5.1	Análisis de Varianza ANOVA	102
4.5.2	Coefficientes de regresión y superficie de respuesta	104
4.6	Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos	107
5	Conclusiones	113
6	Recomendaciones	115
	Bibliografía	116
	Anexos	133