

**RESUMEN TRABAJO DE GRADO****AUTOR(ES):**NOMBRE(S): ANA ROSA APELLIDOS: RODRÍGUEZ SÁNCHEZNOMBRE(S): INGRID JOHANNA APELLIDOS: BARRIENTOS MURCIAFACULTAD: FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTEPLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL**DIRECTOR:**NOMBRE(S): DORANCE APELLIDOS: BECERRA MORENO**TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS):** EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS MEDIANTE EL ACOUPLE DE FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA EN UN COLECTOR PARABÓLICO COMPUESTO Y PROCESO BIOLÓGICO ANAEROBIO**RESUMEN:**

Este proyecto se realizó con el objetivo de valorar la factibilidad del tratamiento de aguas residuales con contenido de Clorpirifos mediante el acople de fotocatalisis heterogénea y un proceso biológico anaerobio; para ello se evaluó un proceso fotocatalítico en un Colector Parabólico Compuesto (CPC), bajo diferentes combinaciones de pH y concentración de  $TiO_2$  diseñadas mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), y un proceso biológico basado en el Ensayo de Actividad Metanogénica Especifica (AME), utilizando un lodo floculento y una concentración inicial de inóculo de 2,0 g de SSV/L, a escala de laboratorio. Las aguas residuales estudiadas provenientes del Distrito de Riego El Zulia y el municipio de Bucarasica, consistieron en aguas resultantes del triple lavado de equipos de aplicación manual del Clorpirifos, plaguicida más usado en los cultivos de arroz y café en el Departamento. En las pruebas realizadas para el proceso biológico se obtuvieron remociones de DQO y COT del 46,4% y 86,6%, respectivamente, mientras que mediante la aplicación de procesos fotocatalíticos preliminares, bajo óptimas condiciones de  $TiO_2$  (100 mg/L), pH (3 unidades) y tiempo de retención (3 horas), se obtuvieron mejores eficiencias de biodegradabilidad (72,2% y 53,0% de remoción de DQO y COT). Los resultados revelaron que el uso combinado de procesos de oxidación avanzada con tecnologías de tratamiento biológico es técnicamente viable, ya que aumenta la eficiencia de eliminación de contaminantes de efluentes agrícolas con contenido de Clorpirifos.

**PALABRAS CLAVE:** actividad metanogénica específica, Clorpirifos, colector parabólico compuesto, fotocatalisis heterogénea, tratamiento de aguas residuales.**CARACTERÍSTICAS:****PÁGINAS:** 137 **PLANOS:** 0 **ILUSTRACIONES:** 23 **CD ROOM:** 1

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

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS MEDIANTE EL ACOUPLE DE FOTOCATÁLISIS  
HETEROGÉNEA EN UN COLECTOR PARABÓLICO COMPUESTO Y PROCESO  
BIOLÓGICO ANAEROBIO

ANA ROSA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

INGRID JOHANNA BARRIENTOS MURCIA

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

2018

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS MEDIANTE EL ACOUPLE DE FOTOCATÁLISIS  
HETEROGÉNEA EN UN COLECTOR PARABÓLICO COMPUESTO Y PROCESO  
BIOLÓGICO ANAEROBIO

ANA ROSA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ  
INGRID JOHANNA BARRIENTOS MURCIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero ambiental

DIRECTOR:

ING. DORANCE BECERRA MORENO  
MSC. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

CODIRECTOR:

M. SC. NÉSTOR ANDRÉS URBINA SUAREZ

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

2018

## ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 15 DE AGOSTO DE 2018

**HORA:** 04:25 PM

**LUGAR:** AUDITORIO VAIE

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AMBIENTAL

**TITULO:** "EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON CONTENIDO DE CLORPIRIFOS MEDIANTE EL ACOPLE DE FOTOCLÁLISIS HETEROGENEA EN UN COLECTOR PARABÓLICO COMPUESTO Y PROCESO BIOLÓGICO ANAEROBIO"

**MODALIDAD:** INVESTIGACIÓN

**JURADOS:** IBONNE GEANETH VALENZUELA BALCAZAR  
JOSE MANUEL VILLAMIZAR IBARRA  
JOSE ANGEL COLINA

**DIRECTOR:** DORANCE BECERRA MORENO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
ANA ROSA RODRIGUEZ SANCHEZ	1650451	4.6
INGRID JOHANA BARRIENTOS MURCIA	1650468	4.6

**OBSERVACIONES:** MERITORIO.

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
IBONNE G. VALENZUELA BALCAZAR

  
JOSE M. VILLAMIZAR IBARRA

  
JOSE ANGEL COLINA

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular

  
JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

## **Dedicatoria**

En primer lugar a Dios, en quien encontré la fuerza necesaria para superar los obstáculos que se me presentaron a lo largo de este camino y quien me permitió alcanzar esta meta.

A mi madre, Fabiola Sánchez García, por ser mi heroína, mi fuente de inspiración y por ser mi apoyo incondicional en este proyecto de vida; y a mi padre, Luis Adán Rodríguez Tamara, por creer en mí y en mis capacidades.

A mi hermana, Sara, por ser mi amiga y mi cómplice, la razón primordial por la que quiero ser una mejor persona cada día y a quien quiero guiar con mi ejemplo.

A mis familiares, quienes de alguna u otra manera me acompañaron todo este tiempo.

A mis amigos, por su amor, comprensión y por los momentos compartidos.

Ana Rosa Rodríguez Sánchez

Primero a Dios quien hizo posible culminar este proyecto, al darme la luz, la fortaleza y la sabiduría para seguir adelante y alcanzar mis metas; por regalarme lo más importante para ser feliz, mi familia.

A mis padres, Sandra Patricia Murcia y Carlos Alberto Barrientos, por brindarme su amor incondicional, creer en mí, celebrar mis éxitos y ayudarme a vencer los obstáculos. Por su incalculable sacrificio y esfuerzo, porque les debo todo lo que soy.

A mi hermano, Diego, por ser mi compañero y la inspiración para ser mejor cada día, por ser la mayor bendición en mi vida.

A mis abuelos, tíos y primos, porque nunca dudaron de mis capacidades y me incentivaron a seguir adelante, y a mis amigos y demás familiares, por acompañarme durante este proceso.

Ingrid Johanna Barrientos Murcia

## **Agradecimientos**

A nuestro Director de proyecto, M.Sc. Dorance Becerra Moreno, quien dirigió y asesoró esta investigación; gracias infinitas por su acompañamiento, su disposición, sus enseñanzas, su apoyo y la confianza que depositó en nosotras a lo largo de este proceso.

Al personal del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad – Sede Campos Elíseos, por su amabilidad y su disposición durante el tiempo que utilizamos las instalaciones para el desarrollo experimental del proyecto.

Al Programa de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, por facilitarnos los medios para desarrollar este trabajo.

A todos nuestros maestros, quienes nos instruyeron y compartieron sus conocimientos, a lo largo de nuestra carrera universitaria; gracias a sus enseñanzas seremos profesionales integrales.

## Tabla de contenido

Introducción	17
1. Problema	19
1.1 Título	19
1.2 Planteamiento del problema	19
1.3 Formulación del problema	24
1.4 Justificación	25
1.5 Objetivos	27
1.5.1 Objetivo general.	27
1.5.2 Objetivos específicos.	27
1.6 Delimitaciones	27
1.6.1 Delimitación espacial.	27
1.6.2 Delimitación temporal.	28
1.6.3 Delimitación conceptual.	28
2. Marco referencial	30
2.1 Antecedentes	30
2.2 Marco teórico	34
2.2.1 Plaguicidas.	34
2.2.2 Procesos biológicos.	38
2.2.3 Procesos de oxidación avanzada.	39

2.3 Marco contextual	41
2.4 Marco legal	43
3. Diseño metodológico	47
3.1 Tipo de investigación	47
3.2 Universo y muestra	47
3.2.1 Universo.	47
3.2.2 Muestra.	47
3.2.3 Hipótesis.	48
3.2.4 Variables.	48
3.3 Fases de la investigación.	48
3.3.1 Caracterización de las aguas residuales con contenido de Clorpirifos.	49
3.3.2 Evaluación de la biodegradabilidad del Clorpirifos en reactores biológicos anaerobios.	51
3.3.3 Optimización del proceso de fotocátalisis para la degradación del plaguicida Clorpirifos en un colector parabólico compuesto empleando TiO <sub>2</sub> como catalizador.	56
3.3.4 Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos.	60
3.4 Instrumentos para la recolección de información	60
4. Resultados y análisis de resultados	61
4.1 Caracterización de las aguas residuales con contenido de Clorpirifos.	62
4.2 Evaluación de la biodegradabilidad del Clorpirifos en reactores biológicos anaerobios.	64



4.3 Optimización del proceso de fotocatalisis para la degradación del plaguicida Clorpirifos en un colector parabólico compuesto empleando TiO <sub>2</sub> como catalizador.	78
4.4 Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos	82
Conclusiones	92
Recomendaciones	94
Referencias bibliográficas	95
ANEXOS	105