

**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

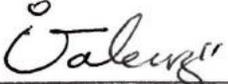
JURADOS: IBONNE GEANETH VALENZUELA BALCAZAR
JOSE MANUEL VILLAMIZAR IBARRA
JOSE ANGEL COLINA

DIRECTOR: DORANCE BECERRA MORENO

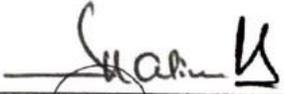
| NOMBRE DEL ESTUDIANTE | CODIGO | CALIFICACIÓN |
|---------------------------------|---------|--------------|
| ANA ROSA RODRIGUEZ SANCHEZ | 1650451 | 4.6 |
| INGRID JOHANA BARRIENTOS MURCIA | 1650468 | 4.6 |

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 ₂ 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 ₂ como catalizador. | 78 |
| 4.4 Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos | 82 |
| Conclusiones | 92 |
| Recomendaciones | 94 |
| Referencias bibliográficas | 95 |
| ANEXOS | 105 |