



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
DIVISIÓN BIBLIOTECA DUARDO COTE LAMUS
RESUMEN TRABAJO DE GRADO



AUTOR:

NOMBRES: DAVID LEONARDO APELLIDOS: PEREZ CRUZ

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

DIRECTORA:

NOMBRES: JOSEFINA APELLIDOS: BARRERA CORTÉS

TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO [TPH's] DEL SUELO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LAVADO CON UN BIOSURFACTANTE PRODUCIDO POR *Klebsiella oxytoca*

RESUMEN

La contaminación de suelos por el petróleo es un problema actualmente, generalmente se presenta en áreas de exploración y producción de hidrocarburos, estaciones de almacenamiento o durante el transporte del mismo, siendo esta contaminación una problemática que no solo afecta la salud humana a través de la cadena alimenticia sino también altera el equilibrio de los ecosistemas. Por ello, la búsqueda e implementación de estrategias sostenibles que permitan hacer frente a esta problemática se convierten en necesidad actualmente. Conocemos técnicas de remediación que se pueden utilizar actualmente, pero para suelos recientemente contaminados con altas concentraciones se requieren una respuesta rápida, el lavado de suelo con biosurfactantes se convierte en una tecnología eficiente e inocua con el medio ambiente sin alterar las propiedades del suelo. En este sentido, el presente estudio evaluó el uso de un biosurfactante producido por *Klebsiella oxytoca* como tensoactivo en la desorción de hidrocarburos totales del petróleo mediante la técnica de lavado. Como resultado relevante de la investigación se encontró que usando una solución de lavado a $34 \pm 0.25 \text{ mg. L}^{-1}$ se logró remover $117740.5 \pm 10227 \text{ mg.Kg s.s}$ de contaminante, de los cuales el 95.6 % corresponden a la fracción pesada de TPH's.

Palabras clave: Palabras clave: Remediación, biosurfactantes *Klebsiella oxytoca*, hidrocarburos totales del petróleo

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 133 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD-ROOM: 1

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO
[TPH's] DEL SUELO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LAVADO CON UN
BIOSURFACTANTE PRODUCIDO POR *Klebsiella oxytoca*

DAVID LEONARDO PÉREZ CRUZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE
INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO
[TPH's] DEL SUELO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LAVADO CON UN
BIOSURFACTANTE PRODUCIDO POR *Klebsiella oxytoca*

DAVID LEONARDO PÉREZ CRUZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de

Ingeniero Biotecnológico

Directora:

JOSEFINA BARRERA CORTÉS

Dra. Ingeniería de Procesos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS DE

INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2016



ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 3 DE NOVIEMBRE DE 2016

HORA: 2:00 pm

SALA: SALA 3 EDIFICIO CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

TITULO: "EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES DEL PETRÓLEO (TPH's) DEL SUELO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LAVADO CON UN BIOSURFACTANTE PRODUCIDO POR *Klebsiella oxytoca*".

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

JURADOS: LADY YESENIA SUÁREZ SUÁREZ
LEIDY DIANA ARDILA LEAL
JUAN CARLOS RAMIREZ BERMUDEZ

DIRECTORA: Dra. JOSEFINA BARRERA CORTÉS (Investigadora titular del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México).

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
DAVID LEONARDO PÉREZ CRUZ	1610673	4.5

OBSERVACIONES:
MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS

Leidy Diana Ardila Leal

VoBo Coordinador Comité Curricular

Resumen

La contaminación de suelos por el petróleo es un problema común actualmente, generalmente se presenta en áreas de exploración de hidrocarburos, plantas de producción, estaciones de almacenamiento o durante el transporte del mismo, siendo esta contaminación una problemática que no solo afecta a la salud humana a través de la cadena alimenticia sino también altera el equilibrio de los ecosistemas. Por ello, la búsqueda e implementación de estrategias sostenibles que permitan hacer frente a esta problemática se convierten en necesidad hoy en día. . Actualmente existen varias técnicas de remediación que se pueden utilizar, pero para suelos recientemente contaminados con altas concentraciones de crudo y que requieren una respuesta rápida, el lavado de suelo asistido con biosurfactantes se convierte en una tecnología eficiente e inocua con el medio ambiente sin alterar las propiedades del suelo. En este sentido, el presente estudio evaluó el uso de un biosurfactante producido por *Klebsiella oxytoca* como agente activo en la desorción de hidrocarburos totales del petróleo (TPH's) mediante una técnica de lavado. Como resultado relevante de la investigación se encontró que usando una solución de lavado a $34 \pm 0.25 \text{ mg. L}^{-1}$ se logró remover $117740.5 \pm 10227 \text{ mg.Kg s.s}$ de contaminante, de los cuales el 95.6 % corresponden a la fracción pesada de TPH's.

Palabras clave: Remediación, biosurfactantes *Klebsiella oxytoca*, hidrocarburos totales del petróleo

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Dios, porque tu amor y bendición no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de que los pones en frente de mí para que mejore como ser humano y crezca de diversas maneras.

A mis padres **Álvaro Pérez Hurtado** y **Ruth Marina Cruz Daza**, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un privilegio ser su hijo, los amo.

A mis hermanos **Lorena Pérez Cruz** y **Andrés Ricardo Pérez Cruz**, por todo su amor y apoyo brindado, por estar ahí cuando más se les necesito y ser esa voz de aliento en los momentos más difíciles. Los amo.

A la **Dra. Josefina Barrera Cortés**, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación en su laboratorio, por todos los conocimientos que impartió en mí, por la tolerancia y paciencia que tuvo para enseñarme, para resolver cada una de mis dudas, por el tiempo que invirtió en mí, y sobre todo por la confianza que me ha dado.

Agradezco a mis **profesores**, por haber compartido sus conocimientos y experiencias, por haber contribuido en mi formación académica, gracias por mostrarme el camino a seguir.

Al señor **Héctor Mauricio Suárez Gómez**, por su colaboración y apoyo en el trabajo experimental, del mismo modo agradezco a la maestra **Elvirita**, por su tiempo dedicado y el conocimiento brindado. Agradezco de manera general a todos mis compañeros del **laboratorio 36**

por estar acompañándome en esta etapa de mi vida, por acoger cordialmente a un colombiano en tierras mexicanas.

A **Ruth**, mi compañera, pareja y amiga, por estar conmigo y brindarme lo mejor de ti, darme esa palabra de aliento, por mostrarme esa sonrisa y guiarme cuando lo necesito.

A mis amigos **Andrés Duran, Erikson Gómez y Francisco Becerra**, por haber compartido todos esos momentos conmigo, haberme dado esos consejos, y haberme brindado su apoyo.

A mi Tía **Rosalba**, por ser esa persona que te escucha y te brinda el apoyo incondicionalmente, te cuida y protege, y te reconforta para afrontar los caminos de la vida.

Al **Conacyt**, por apoyar la presente investigación a través de los proyectos CB-2010-156837 y INFR-2012-01-188339.

Finalmente a todas las personas que de alguna forma contribuyeron a la culminación de este proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Problema	19
1.1 Título	19
1.2 Planteamiento del problema	19
1.3 Formulación del problema	20
1.4 Justificación	21
1.5 Objetivos	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22
1.6 Alcances y limitaciones	22
1.6.1 Alcances	22
1.6.2 Limitaciones	23
1.7 Delimitaciones	23
1.7.1 Espacial	23
1.7.2 Temporal	23
1.7.3 Conceptual	24
2. Marco referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco teórico	31

2.2.1	Petróleo	31
2.2.1.1	<i>Composición química</i>	31
2.2.1.2	<i>Clasificación de los Hidrocarburos</i>	33
2.2.1.2.1	<i>Hidrocarburos alifáticos saturados</i>	33
2.2.1.2.2	<i>Hidrocarburos alifáticos insaturados</i>	33
2.2.1.2.2.1	<i>Alquenos u oleofinas</i>	33
2.2.1.2.2.2	<i>Alquinos o acetilénicos</i>	34
2.2.1.2.3	<i>Hidrocarburos aromáticos</i>	34
2.2.1.2.4	<i>Otras clasificaciones</i>	34
2.2.2	Suelo	36
2.2.2.1	<i>Composición y propiedades del suelo</i>	37
2.2.2.2	<i>Clasificación del suelo</i>	39
2.2.2.3	<i>Propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo</i>	41
2.2.2.3.1	<i>Textura</i>	41
2.2.2.3.2	<i>Color</i>	43
2.2.2.3.3	<i>Densidad aparente</i>	44
2.2.2.3.4	<i>Densidad real</i>	45
2.2.2.3.5	<i>Permeabilidad</i>	45
2.2.2.3.6	<i>Porosidad</i>	46
2.2.2.3.7	<i>pH</i>	47
2.2.2.3.8	<i>Humedad</i>	48
2.2.2.3.9	<i>Materia orgánica</i>	49
2.2.2.3.10	<i>Salinización</i>	50

	x
2.2.2.3.11 <i>Metales pesados</i>	51
2.2.2.3.12 <i>Microbiología del suelo</i>	51
2.2.2.4 <i>Suelos contaminados</i>	52
2.2.2.4.1 <i>Mecanismos de transporte del contaminante</i>	54
2.2.3 <i>Surfactantes</i>	55
2.2.3.1 <i>Propiedades de los surfactantes</i>	56
2.2.3.2 <i>Clasificación de los surfactantes</i>	58
2.2.3.3 <i>Biosurfactantes</i>	58
2.2.3.3.1 <i>Clasificación de los biosurfactantes</i>	59
2.2.4 <i>Tecnologías de remediación</i>	62
2.2.4.1 <i>Clasificación de tecnologías de remediación</i>	63
2.2.4.1.1 <i>Estrategia de remediación</i>	63
2.2.4.1.2 <i>Lugar de realización del proceso</i>	64
2.2.4.1.3 <i>Tipo de tratamiento</i>	65
2.2.4.2 <i>Lavado de suelos</i>	66
2.2.4.2.1 <i>Mecanismos en el lavado de suelos</i>	68
2.2.4.2.1.1 <i>Mobilización</i>	69
2.2.4.2.1.1 <i>Solubilización</i>	70
2.3 <i>Marco conceptual</i>	71
2.4 <i>Marco contextual</i>	72
2.4 <i>Marco legal</i>	73
3. <i>Diseño metodológico</i>	74
3.1 <i>Tipo de investigación</i>	74

3.2 Población y muestra	74
3.2.1 Población	74
3.2.2 Muestra	75
3.3 Hipótesis	75
3.4 Variables	75
3.5 Fases de la investigación	76
3.5.1 Selección y preparación del suelo	76
3.5.2 Caracterización fisicoquímica, microbiológica y determinación inicial de la concentración del contaminante	77
3.5.2.1 Materia orgánica	77
3.5.2.2 Nitrógeno Total	78
3.5.2.3 pH	79
3.5.2.4 Conductividad eléctrica	79
3.5.2.5 Humedad	80
3.5.2.6 Densidad real	80
3.5.2.7 Densidad aparente	81
3.5.2.8 Porosidad	81
3.5.2.9 Textura	82
3.5.2.10 Capacidad de retención de agua	83
3.5.2.11 Fósforo	83
3.5.2.12 Caracterización microbiológica	84
3.5.2.13 Concentración inicial del contaminante	86

3.5.2.13.1 Separación de asfáltenos y fraccionamiento de hidrocarburos ligeros	88
3.5.3 Producción del biosurfactante y determinación de la concentración micelar crítica	90
3.5.3.1 Determinación de la CMC del biosurfactante	91
3.5.4 Proceso de Lavado	92
3.5.5 Análisis estadístico	93
3.5.6 Evaluación de los parámetros finales	93
4. Resultados y análisis	95
4.1 Caracterización fisicoquímica, microbiológica y determinación de la concentración del contaminante	95
4.2 Producción del biosurfactante y determinación de la CMC	
4.2.1 Concentración Micelar Crítica	98
4.3 Proceso de lavado	100
4.4 Análisis estadísticos	103
4.5 Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y concentración final del contaminantes en el suelo después de lavado	105
4.2.1 Concentración y composición de los HC antes y después del tratamiento	107
5. Conclusiones	110
6. Recomendaciones	112
Bibliografía	113
Anexos	122