	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(49)	

FORMATO RESUMEN

AUTOR	YURANI PAOLA SIMANCA LAGUNA
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL
DIRECTOR	WILSON ANGARITA CASTILLA
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA BIORREMEDIACION EN SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS MEDIANTE EL MÉTODO DE LANDFARMING EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)	
<p>EN EL PROYECTO LLEVADO A CABO SE EVALUÓ EL DESEMPEÑO DE LA BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS MEDIANTE EL MÉTODO DE LANDFARMING EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR.</p> <p>EL TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN SE LLEVÓ A CABO DURANTE 45 DÍAS, EN LOS CUALES SE LE HIZO SEGUIMIENTO A LA CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS, EL PORCENTAJE DE GRASAS Y ACEITES, LA TEMPERATURA, EL PH Y LA HUMEDAD. AL FINALIZAR EL TRATAMIENTO SE DETERMINÓ QUE EL SUELO SE ENCONTRABA BIORREMEDIADO YA QUE LA CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBURO Y EL PORCENTAJE DE GRASAS Y ACEITES SE DISMINUYÓ SIGNIFICATIVAMENTE.</p>	
CARACTERÍSTICAS	
PÁGINAS: 49	PLANOS: 1
ILUSTRACIONES: 12	CD-ROM: 1



**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA BIORREMEDIACION EN SUELOS
CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS MEDIANTE EL MÉTODO DE
LANDFARMING EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE
AGUACHICA, CESAR**

AUTOR:

YURANI PAOLA SIMANCA LAGUNA

Proyecto de grado presentado como requisito para otorgar el título de

Ingeniero ambiental

Director

WILSON ANGARITA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Febrero, de 2017.

Agradecimientos

Principalmente A Dios por darme la fuerza espiritual y todas sus bendiciones que diariamente recibo.

A mi mamá y mi abuela quienes amo por ser un ejemplo de lucha y perseverancia ante las grandes dificultades que la vida nos ha puesto en el camino.

A mi hermano jose David y a mis hermanas lenny, taty y kate que han sido la razón para salir adelante profesionalmente y quienes amo inmensamente.

A mis amigas Kendy, Scarlet, Mariale, Vane, Stepha y Lorena por motivarme a salir adelante y darme su apoyo en los momentos que más las necesite.

A mi novio Cesar Barrera por su apoyo incondicional y sus consejos que siempre llegan en el momento justo.

Al magister Jorge Barrera por aportar sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

A la Ingeniera Jessica Peñaloza por ser una excelente jefe y orientarme con sus conocimientos durante las pasantías.

Resumen

En el presente proyecto se evaluó el desempeño de la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de landfarming en la planta de tratamiento de residuos peligrosos del municipio de Aguachica, Cesar.

El tratamiento de biorremediación se llevó a cabo durante 45 días, en los cuales se le hizo seguimiento a la concentración de hidrocarburos, el porcentaje de Grasas y Aceites, la temperatura, el Ph y la humedad. Al finalizar el tratamiento se determinó que el suelo se encontraba biorremediado ya que la concentración de hidrocarburo y el porcentaje de Grasas y Aceites se disminuyó significativamente.

La técnica de biorremediación por el método de landfarming resulto efectiva en el momento de realizar las comparaciones de los análisis realizados durante todo el proceso. El método de landfarming es basado en la Bioestimulación de los microorganismos presentes en el suelo a través de la adición de fertilizantes para su crecimiento y el control de factores físicos como humedad, temperatura y aireación, esta última se garantiza con el uso de maquinaria agrícola como el arado. El tratamiento de biorremediación se finalizó formando biopilas en la cual un porcentaje de residuos de hidrocarburos son eliminados.

Índice

Capítulo 1. Evaluación del desempeño de la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de landfarming en la planta de tratamiento del municipio de Aguachica, Cesar	13
1.1 Descripción de la empresa.....	13
1.1.1 Misión.....	14
1.1.2 Visión	14
1.1.3 Objetivo de la empresa.....	14
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.....	14
1.1.5 Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado.	15
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	16
1.2.1 Planteamiento del problema	17
1.3 Objetivos de la pasantía	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar.....	19
Capitulo 2. Enfoques referenciales	20
2.1. Enfoque conceptual	20
2.2. Enfoque legal	22
2.2.1 Normas y principios ambientales contenidos en la Constitución Política de Colombia	22
2.2.2 Normas generales que sustentan la normatividad ambiental por contaminación con hidrocarburos.....	23
2.2.3 Normatividad específica ambiental concerniente al derrame con hidrocarburos.....	24
Capitulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo.....	27
4. Diagnóstico final.....	42
5. Conclusiones.....	44
6. Recomendaciones	45
Referencias.....	46
Apéndices.....	48

Lista de Tablas

Tabla 1 matriz DOFA	16
Tabla 2 Descripción de las actividades	19
Tabla 3 Resultados suelo contaminado, fase 0	31
Tabla 4 precipitaciones en septiembre según ACCUWEATHER	32
Tabla 5 Resultados suelo contaminado, fase 1	33
Tabla 6 Resultados suelo contaminado, fase 2	37
Tabla 7 Resultados suelo biorremediado, fase final	37
Tabla 8 Prueba de fitotoxicidad fase 1	39
Tabla 9 Prueba de fitotoxicidad fase 2	40
Tabla 10 Prueba de fitotoxicidad fase final	40
Tabla 11 Resultados muestras de suelo	42

Lista de fotografías

Ilustración 1 Estructura organizacional de la empresa Aseo Urbano S.A E.S. P	15
Ilustración 2 Recopilación de muestras	27
Ilustración 3 Aplicación de capa de suelo préstamo	28
Ilustración 4 Aplicación de material orgánico.....	29
Ilustración 5 Inicio de arado del suelo contaminado	30
Ilustración 6 Adición de nutrientes.....	30
Ilustración 7 Muestra de suelo contaminado	31
Ilustración 8 Aplicación de nutriente segunda fase	34
Ilustración 9 Muestra de suelo fase de landfarming	35
Ilustración 10 Muestra de suelo, fase de biopilas	35
Ilustración 11 Inicio de la formación de biopilas.....	36
Ilustración 12 Muestra de suelo, fase final	38

Lista de apéndices

Apéndice 1 Plano de la celda de biorremediacion	49
--	----

Introducción

La contaminación de suelos por hidrocarburos o derivados del petróleo, es un hecho que además de modificar sus condiciones propias, repercute en su potencial agrícola y microflora; posteriormente puede alcanzar fuentes de abastecimiento de agua subterráneas, lo que podría perjudicar a una población tanto de seres humanos como de animales.

Para tratar los suelos contaminados con hidrocarburos, la empresa ASEO URBANO S.A E.S.P. ha optado por prestar el servicio de biorremediación mediante el método de Landfarming, ya que es el proceso de menor costo y de mayor eficiencia utilizado para reducir o eliminar los niveles de concentración de hidrocarburos en suelos sometidos al vertido de estos contaminantes.

El proceso se realizó en la celda de biorremediación, ubicada en la planta de tratamiento de residuos peligrosos de la empresa Aseo Urbano, la cual contenía 120 toneladas de suelo arcilloso con una concentración de 6142ppm de hidrocarburo.

Durante el proceso se tomaron muestras con el fin de hacerle seguimiento a los factores físicos y químicos presentes en el suelo. Al finalizar el proyecto se realizó un último análisis mediante la toma de muestras en las que se determinó la eficiencia del proceso, demostrando así que este tratamiento es uno de los más viables para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Capítulo 1. Evaluación del desempeño de la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de landfarming en la planta de tratamiento del municipio de Aguachica, Cesar

1.1 Descripción de la empresa

ASEO URBANO S.A.S E.S.P es una empresa comprometida con el medio ambiente y la Salud de las comunidades, desarrollan programas educativos coordinados en el área de gestión social incentivando a su vez la conciencia ambiental y el compromiso por parte de las autoridades competentes, ejercen liderazgo estratégico en la solución de los problemas socio ambientales incrementando así el bienestar de sus clientes en aspectos como el fomento a la educación, salud, recreación y cultura.

ASEO URBANO Es una empresa privada que presta el servicio público domiciliario de Aseo y complementarios de Cúcuta, Villa del Rosario, los Patios, Aguachica y Yopal. La empresa realiza diferentes actividades como: Barrido, Recolección domiciliar, Disposición final y tratamiento de los residuos sólidos urbanos en el Relleno Sanitario las Bateas. El relleno sanitario de Aguachica Las Bateas inició operaciones desde el año 2007 en el mes de agosto, este relleno está habilitado para recibir residuos urbanos no tóxicos, ni peligrosos y su diseño completa 10 hectáreas para las celdas de disposición final. Actualmente en relleno sanitario Las Bates de Aguachica, están disponiendo residuos de los siguientes municipios con su número de habitantes: San Martín 18.285 Gamarra 11.670 Río de Oro 16.985 San Alberto 17.444 La Gloria 22.832 La Esperanza 12.202 Pelaya 18.285, también está prestando el servicio de disposición

final de residuos a varias empresas flotantes tales como: La concesionaria ruta del sol, Masa, Ejército Nacional, Fresca Leche.

1.1.1 Misión. Generar desarrollo y bienestar a la sociedad gestionando soluciones ambientales en aguas y residuos.

1.1.2 Visión. Ser el mejor aliado en soluciones ambientales integrales e innovadoras que superen las expectativas de nuestros grupos de interés.

1.1.3 Objetivo de la empresa. Brindar a nuestros clientes servicios con oportunidad, calidad y eficiencia, buscando su satisfacción, reduciendo el impacto socio-ambiental y la prevención de la contaminación que pudiere generar nuestra operación.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional

La empresa de servicio de ASEO URBANO S.A.S. E.S.P cuenta con la siguiente estructura organizacional:

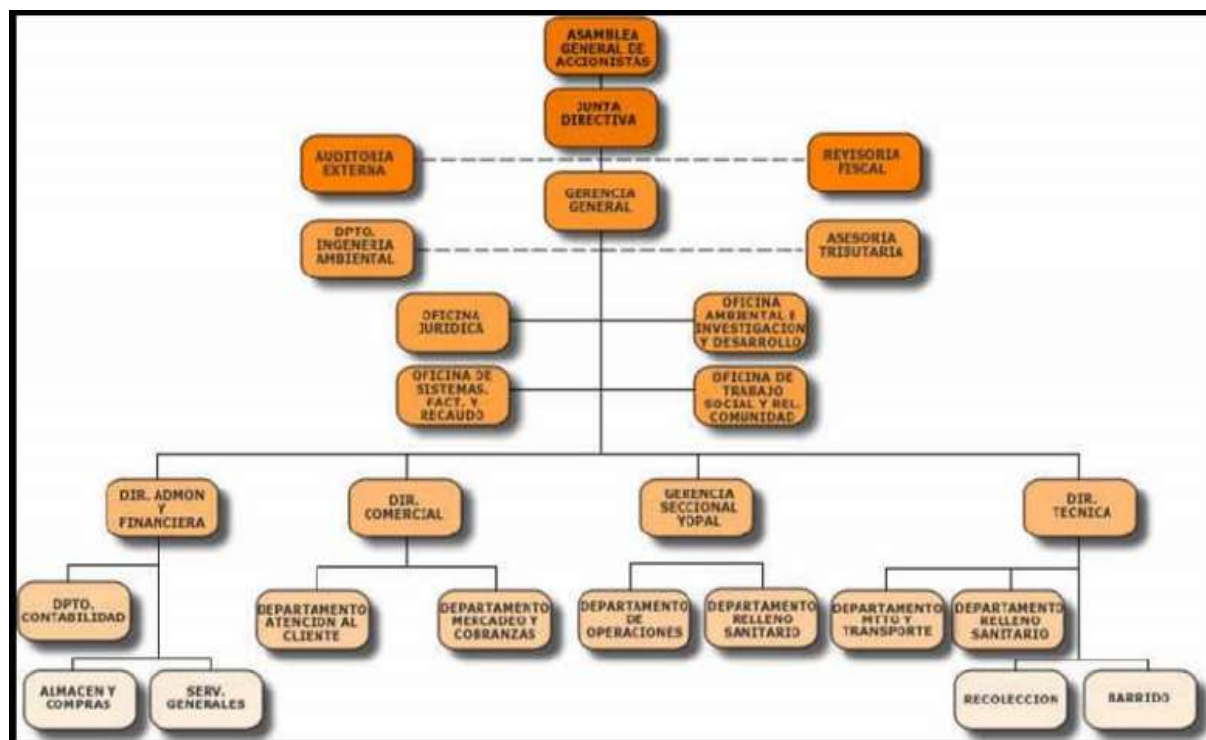


Ilustración 1 Estructura organizacional de la empresa Aseo Urbano S.A E.S. P

1.1.5 Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado. La pasantía se llevó a cabo en el área de gestión ambiental, la cual es de vital importancia para la empresa ASEO URBANO S.A. E.S.P, en esta dependencia se realizaron seguimientos al cumplimiento de la normatividad ambiental, asegurando así las mejores condiciones ambientales para el relleno sanitario LAS BATEAS el cual viene operando desde el 7 de agosto del 2007 y la planta de tratamiento de residuos peligrosos RESPEL. ubicadas a 6 kilómetros del casco urbano en la vereda la batea vía al municipio puerto mosquito (Cesar).

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.

Para realizar el diagnóstico inicial de planta de tratamiento de RESPEL se realizó una matriz

DOFA:

Tabla 1

Matriz DOFA

		FOTALEZAS	DEBILIDADES
MATRIZ DOFA		1. Personal capacitado en cuanto al conocimiento de la normatividad y permisos ambientales. 2. Cuenta con todos los permisos ambientales para el funcionamiento adecuado de la celda de biorremediación. 3. En la planta de tratamiento de RESPEL en general no generan efectos adversos al ambiente debido a que no genera emisiones, ni presenta afluentes residuales. 4. Amplios terrenos con posibilidades de expansión.	1. No hay un proceso de seguimiento constante a los avances del método de landfarming. 2. No hay suficiente comunicación entre la microbióloga y el encargado del tratamiento de biorremediación
	OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS FO (Max - Max)	ESTRATEGIAS DO (min - Max)
	1. lograr mayores ingresos económicos gracias al bajo costo del tratamiento por el método de landfarming. 2. Fortalecer los conocimientos del personal de trabajo en cuanto a los métodos de biorremediación en la planta de RESPEL. 3. Reutilización de los lixiviados generados en la celda de biorremediación debido a las lluvias para mejorar la eficiencia del tratamiento.	1. Mejorar los procesos de la planta de RESPEL mediante el seguimiento constante de sus procesos de biorremediación. 2. Ampliar la planta creando más celdas tanto de seguridad como para el tratamiento de otros residuos peligrosos. 3. realizar evaluaciones constantes sobre el desempeño del tratamiento de biorremediación.	1. Evaluar los cambios climáticos de la zona y utilizarlos como un método para acelerar los procesos de biorremediación por medio del método de landfarming.

4. Ampliación de la planta para el tratamiento de otra clase de residuos peligrosos.
5. Reutilización de la tierra recuperada para la creación de zonas verdes dentro de la planta de RESPEL.

AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA (Max-min)	ESTRATEGIAS DA (min-min)
1. Sanciones ambientales por el incumplimiento de la norma y mal manejo de los residuos peligrosos. 2 Falla de los procedimientos ejecutados dentro de la planta para llevar a cabo la biorremediación del suelo contaminado.	1. Demostrar la eficiencia del proceso de biorremediación llevado a cabo dentro de plantan de tratamiento a posibles compradores del servicio y que esto escojan por preferencia la empresa ASEO URBANO	1. Incentivar la contratación de una persona idónea en el área ambiental para que lleve a cabo los monitoreo continuos del desempeño del método de biorremediación.

Fuente: Pasante

1.2.1 Planteamiento del problema. La planta de tratamiento de residuos peligrosos de la empresa Aseo Urbano S.A E.S. P actualmente se encuentra capacitada para recibir y tratar suelos contaminados con hidrocarburos, pero debido a la demora en él envió de los análisis del suelo, no se procede de forma inmediata a la recuperación del suelo contaminado.

Una de las deficiencias al inicio del proceso de biorremediación es la demora en obtener resultados por parte del laboratorio ubicado en Cúcuta de la empresa Aseo Urbano, situación que no garantiza la mayor eficiencia del tratamiento ya que este proceso se debe hacer de forma inmediata para poder determinar de una manera más exacta si el suelo tuvo un avance en cada una de sus etapas o si el suelo se encontraba biorremediado mucho antes de declararlo apto para su aprovechamiento, disminuyendo así la posibilidad de recuperar el suelo lo más pronto posible y a su vez podría generar pérdidas económicas para la empresa debido a que sobrepasaría el tiempo establecido para su recuperación, por lo cual se ve la necesidad de realizar un monitorio

continuo, asegurando así el mayor desempeño de la celda de biorremediación y dando paso a nuevas descargas de suelos contaminados.

1.3 Objetivos de la pasantía

1.3.1 Objetivo General. Evaluar el desempeño de la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de landfarming en la planta de tratamiento en el municipio de Aguachica, cesar.

1.3.2 **Objetivos Específicos**

Determinar las características físico-químicas y la concentración de los hidrocarburos iniciales en el suelo contaminado mediante la toma de muestras.

Realizar seguimiento al proceso de biorremediación durante su etapa de ejecución, a través del monitoreo de las características físico- químicas del suelo.

Determinar las características físico-químicas y la concentración del hidrocarburo en el suelo al final del proceso.

Evaluar la eficiencia del tratamiento de biorremediación mediante la técnica de landfarming.

1.4 Descripción de las actividades a desarrollar

Tabla 2

Descripción de las actividades

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades
<p>Evaluar el desempeño de la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de landfarming en la planta de tratamiento del municipio de Aguachica, cesar.</p>	<p>1. Determinar las características físico-químicas y la concentración de los hidrocarburos iniciales en el suelo contaminado mediante la toma de muestras.</p>	<p>1.1 Recopilar muestras compuestas del suelo contaminado al inicio del proceso y enviarlas al laboratorio del relleno sanitario Guayabal, acreditado por el IDEAM.</p> <p>1.2 Elaborar una caracterización del suelo a tratar y determinar los siguientes parámetros: PH, Humedad y TPH (aceites y grasas).</p>
	<p>2. Realizar seguimiento al proceso de biorremediación durante sus etapas de ejecución, a través del monitoreo de las características físico-químicas del suelo.</p>	<p>2.1 Realizar la toma de muestras para hacerle seguimiento a las variables: TPH, HUMEDAD, PH Y TEMPERATURA.</p> <p>2.2 Tomar una muestra para comparar las características físicas del suelo durante la etapa de tratamiento con la muestra tomada al inicio del proceso.</p> <p>2.3 En la etapa de biopilas, realizar una evaluación de los parámetros analizados durante todo el proceso de biorremediación: PH, CONDUCTIVIDAD, HUMEDAD, TPH, FITOTOXICIDAD</p>
	<p>3. Determinar las características físico-químicas y la concentración del hidrocarburo en el suelo al final del proceso.</p>	<p>3.1 Tomar muestras para supervisar los parámetros: PH, conductividad, humedad, concentración de hidrocarburo.</p> <p>3.2 Comparar los resultados obtenidos del laboratorio con los resultados obtenidos antes de iniciar el proceso de biorremediación.</p> <p>3.3 Comparar las características físicas del suelo por medio de muestras tomadas durante todo el proceso del tratamiento: al inicio, durante y al final.</p>
	<p>4. Evaluar la eficiencia del tratamiento de biorremediación mediante la técnica de landfarming.</p>	<p>4.1 Realizar una comparación de la eficiencia de este método con otros métodos utilizados para la biorremediación.</p> <p>4.2 Realizar una prueba adicional de fitotoxicidad aguda a una porción de suelo recuperado por medio de la semilla de <i>lactuca sativa</i>.</p>

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1. Enfoque conceptual

Aguas Aceitosas: Son aquellos residuos líquidos que contienen grasas, aceites o hidrocarburos. Se dividen en Aguas aceitosas de alta concentración y Aguas aceitosas de baja concentración. Se consideran de alta concentración cuando ésta sobrepasa el límite de 5%, y baja concentración (o aguas tratadas) cuando dicha concentración sea menor o igual a 5%. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. 2014).

Almacenamiento: Es el depósito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. 2014).

Bioaugmentación: es la adición de microorganismos pre-adultos seleccionados específicamente para degradar contaminantes. El aumento de la población microbiana presente en una aplicación mejora la degradación del contaminante en cuestión (Materia orgánica, hidrocarburos, etc.) a través de asegurar la presencia de cantidades suficientes de microorganismos para completar la biodegradación reduciendo los costos y tiempos. (EnviromentaLeverageINC 2016)

Bioestimulación: es la adición de nutrientes a los suelos y/o aguas residuales para estimular a los microorganismos nativos o presentes y, en consecuencia, mejorar la biodegradación. (EnviromentaLeverageINC. 2016)

Biopilas: Las biopilas constituyen una tecnología de biorremediación ex situ en la cual los residuos provenientes de las actividades petroleras son extraídos y dispuestos en un área de tratamiento o piscina previamente acondicionada para su descontaminación con microorganismos. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. 2014).

Biorremediación: Se define como biorremediación a cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. 2014)

Contaminación del suelo: Los suelos tienen propiedades físicas y químicas muy diferentes, pero además están sometidos a distintas variaciones en la humedad, el pH y las condiciones de oxidación reducción. Cuando un suelo se encuentra contaminado afecta a varios medios como el aire, las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el suelo y los receptores potenciales. Además, es una contaminación dinámica porque al moverse los contaminantes en el suelo a través de las capas más permeables se facilita su dispersión y esto hace que aumente el área afectada.

Enmienda Inorgánica: Suelo préstamo y fertilizantes químicos utilizados en el proceso de landfarming. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014))

Enmienda Orgánica: Material vegetal proveniente del proceso de compostaje de residuos vegetales. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014))

Hidrocarburos: Son compuestos orgánicos formados principalmente por átomos de carbono e hidrógeno, derivados del petróleo. La estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014))

Landfarming: Es una técnica de biorremediación que puede ser utilizada para descontaminación tanto “*in situ*” como “*ex situ*”, y consiste en *provocar la oxidación biológica* de los contaminantes contenidos en el suelo, por medio de la estimulación de la microflora natural que se encuentra en el suelo (levaduras, hongos o bacterias) mediante el agregado de fertilizantes, arado y riego superficial. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014))

Precaución en ambiente: Es el principio según el cual cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente. (Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014))

2.2. Enfoque legal

2.2.1 Normas y principios ambientales contenidos en la Constitución Política de Colombia

Artículo 8, Riquezas culturales y naturales de la Nación: Establece la obligación del Estado y de las personas para con la conservación de las riquezas naturales y culturales de la Nación.

Artículo 9, Atención de la salud y saneamiento ambiental: Consagra como servicio público la atención de la salud y el saneamiento ambiental y ordena al Estado la organización, dirección y reglamentación de los mismos.

Artículo 58, Función ecológica de la propiedad privada: Establece que la propiedad es una función social que implica obligaciones y que, como tal, le es inherente una función ecológica.

Artículo 79, ambiente sano: Consagra el derecho de todas las personas residentes en el país de gozar de un ambiente sano.

Artículo 80, Planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales: Establece como deber del Estado la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Artículo 95, Protección de los recursos culturales y naturales del país: Establece como deber de las personas, la protección de los recursos culturales y naturales del país, y de velar por la conservación de un ambiente sano.

2.2.2 Normas generales que sustentan la normatividad ambiental por contaminación con hidrocarburos.

Decreto ley 2811 de 1974: Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente.

Ley 99 de 1993: Se crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

Decreto 1753 de 1994: Define la licencia ambiental LA: naturaleza, modalidad y efectos; contenido, procedimientos, requisitos y competencias para el otorgamiento de LA.

Decreto 2150 de 1995 y sus normas reglamentarias: Reglamenta la licencia ambiental y otros permisos. Define los casos en que se debe presentar Diagnóstico Ambiental de Alternativas, Plan de Manejo Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental. Suprime la licencia ambiental ordinaria.

2.2.3 Normatividad específica ambiental concerniente al derrame con hidrocarburos

Ley 2 de 1959: Reserva forestal y protección de suelos y agua

Decreto 622 de 1977: Sobre Parques Nacionales Naturales PNN

Ley 29 de 1986: Regula áreas de reserva forestal protectora

Decreto 1449 de 1977: Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática

Decreto 1594 de 1984: Normas de vertimientos de residuos líquidos

Decreto 2655 de 1988: Código de Minas

Ley 388 de 1997: Ley de ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo

Directiva Presidencial 33 de 1989: Responsabilidades de los organismos y entidades descentralizadas del orden nacional del sector público, en el desarrollo y operación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres

Decreto 969 de 1995: Crea la Red nacional de reservas para el caso de desastres

Decreto 321 de 1999: Por el cual se adopta el plan nacional de contingencias contra derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.

Decreto 1874 de 1979: Protección y prevención de la contaminación del medio marino

Decretos 1875/76 1979: Se define el concepto de contaminación marina y se dictan normas de protección

Decreto 2721 de 1991: Reglamenta el manejo, transporte, descargue y almacenamiento de productos químicos en puertos

Resolución 930 de 1996: Reglamenta la recepción de desechos generados por los buques en los puertos, terminales, muelles y embarcaderos

Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo.

3.1 Presentación de resultados

El suelo contaminado procedente de una contingencia ambiental por el derrame de hidrocarburos en zona rural del corregimiento de Ayacucho, perteneciente al municipio de La Gloria (Cesar). En el sitio de la emergencia se excavaron 120 toneladas de suelo contaminado, de las cuales 12 toneladas fueron destinadas como material préstamo para la ejecución del proceso de biorremediación mediante la técnica de landfarming.

Dadas las condiciones de homogeneidad del material, la toma de muestras del suelo contaminado al inicio del proceso fue realizada de forma aleatoria, es decir, se tomaron 9 muestras de suelo en diferentes puntos de la pila a diferentes profundidades que van de 10 a 20 centímetros, para luego ser mezcladas y así obtener una muestra significativa de 1 kilogramo maquinaria y posteriormente ser enviada al laboratorio del relleno sanitario Guayabal, acreditado por el IDEAM, en donde se le hicieron los respectivos análisis.



Ilustración 2 *Recopilación de muestras*

Luego de tomar la muestra inicial y ser enviada al laboratorio de la empresa ASEO URBANO en Cúcuta, se obtuvieron los resultados por medio de una videoconferencia con la microbióloga encargada del laboratorio de la empresa ASEO URBANO de Cúcuta, la cual estableció los procedimientos para dar inicio a la biorremediación del suelo contaminado.

Los parámetros analizados fueron: pH, Humedad y TPH, los cuales fueron determinados mediante las técnicas de Multiparametros, Gravimétrico y GRAVIMETRICO (EXTRACCION POR COLUMNAS SOXHLET) respectivamente.

El proceso dio inicio el 15 de septiembre del 2016 a una temperatura ambiente de 30°C sin precipitaciones. Conociendo estos valores se procedió al acondicionamiento del suelo con la finalidad de atenuar los elementos inhibidores del proceso de Biorremediación utilizando los siguientes insumos: Material orgánico, Material préstamo extraído del lugar de la contingencia y Nutrientes (N y P) que den lugar al proceso Bioestimulación de los microorganismos residentes en el material a tratar. Asimismo, se pudo determinar que según la concentración del hidrocarburo era necesario aplicar 4 bultos de Fosfato Diamonico (DAP) para un total de 100 kilogramos, es decir, 25 kilogramos de fertilizante por bulto.



Ilustración 3 *Aplicación de capa de suelo préstamo*



Ilustración 4 *Aplicación de material orgánico*

Para garantizar la eficiencia del proceso se le hizo un control de la humedad del suelo mediante la aspersión de agua durante cuatro horas por día, (evitando generación de lixiviado). El agua utilizada fue extraída del Reservorio número tres, con permiso de concesión de 0,5 l/s especificado dentro de la licencia ambiental de la empresa ASEO URBANO.

Para el control de la aireación del suelo se utilizó un tractor contratado por la empresa, el cual realizó las labores de volteo del suelo con una frecuencia de cinco horas durante tres días, para un total de 15 horas semanales según el PTS (procedimiento operativo de trabajo seguro) de la

empresa Aseo Urbano, lo que ayudaría a crear un ambiente apto para el crecimiento microbiano y su sostenibilidad.



Ilustración 5 Inicio de arado del suelo contaminado



Ilustración 6 Adición de Fosfato Diamónico (DAP)

Al realizar las dos primeras actividades se cumplió el primer objetivo específico en el cual se pretendía ***“Realizar seguimiento al proceso de biorremediación durante sus etapas de ejecución, a través del monitoreo de las características físico- químicas del suelo”***.

Tabla 3*Resultados suelo contaminado, fase 0*

SUELO CONTAMINADO

Fase: 0, establecimiento

Tiempo de tratamiento: 0 días

Condiciones

pH: 6,98

Conductividad: 12,5 mmhos/cm

Concentración: 6142 ppm

Humedad: 18,02%

AyG: 25,11%



Según lo establecido en el PTS de la empresa Aseo Urbano S.A E.S. P la concentración de Grasas y Aceites deben ser menores al 1% según lo establecido en el PTS de la empresa Aseo Urbano S.A E.S.P. los resultados mostraron que los valores se encuentran por encima de lo estimado. Físicamente el suelo presenta un color oscuro y viscoso debido a la concentración del hidrocarburo.

*Ilustración 7 Muestra de suelo contaminado*

Durante los primeros 15 días de tratamiento se presentaron precipitaciones de 2mm los días 20 y 30 de septiembre del 2016 por lo cual se detuvo la aspersion de agua durante esos días para evitar la generación de lixiviados.


Tabla 4
Precipitaciones en septiembre según ACCUWEATHER

Date	Máx./Mín.	Precip.	Nieve	Previsión	MÍN./MÁX. media
vi. 16/09	36°/23°	0 mm	0 cm		32°/24°
sá. 17/09	36°/24°	0 mm	0 cm		32°/24°
do. 18/09	34°/27°	0 mm	0 cm		32°/24°
lu. 19/09	35°/25°	0 mm	0 cm		32°/24°
ma. 20/09	35°/25°	2 mm	0 cm		32°/24°
mi. 21/09	35°/25°	0 mm	0 cm		32°/24°
ju. 22/09	36°/26°	0 mm	0 cm		32°/24°
vi. 23/09	35°/25°	0 mm	0 cm		32°/24°
sá. 24/09	35°/27°	0 mm	0 cm		32°/24°
do. 25/09	35°/27°	0 mm	0 cm		32°/24°
lu. 26/09	38°/24°	0 mm	0 cm		32°/24°
ma. 27/09	38°/30°	0 mm	0 cm		32°/24°
mi. 28/09	36°/25°	0 mm	0 cm		32°/24°
ju. 29/09	35°/24°	0 mm	0 cm		32°/24°
vi. 30/09	37°/25°	2 mm	0 cm		32°/24°

Al finalizar el proceso de landfarming se procedió inmediatamente a la toma de muestras por medio del método de cuadrícula, el cual consiste en tomar una muestra de cada punto en que fue dividida la celda (Nueve cuadros), a una profundidad de 10 cm con el propósito de obtener una muestra significativa de suelo contaminado y poder realizar seguimiento a cada una de las variables: TPH, HUMEDAD, pH Y TEMPERATURA.

La profundidad de la toma de la muestra es determinada por la microbióloga encargada del laboratorio de la empresa Aseo Urbano y se encuentra establecido en el PTS de la misma ya que los resultados serían los mismos a mayor profundidad debido a que las muestras son tomadas al culminar el proceso de arado por lo que el suelo se encuentra totalmente removido y no compactado.

Tabla 5
Resultados suelo contaminado, fase 1

SUELO CONTAMINADO	
Fase: 1, landfarming	
Tiempo de tratamiento: 15 días	
Condiciones	
pH: 6,11	
Conductividad: 0,475 mmhos/cm	
Concentración: 230,2 ppm	
Humedad: 11,96%	
AyG: 2,55%	

Según los resultados obtenidos por el laboratorio, se evidencia una mejora significativa después de 15 días de landfarming ya que la concentración de hidrocarburo ha disminuido de 6142 ppm a 230,2ppm, la humedad generada por el hidrocarburo también ha disminuido significativamente, el pH se mantuvo dentro de las condiciones aptas para el crecimiento microbiano ya que este debe encontrarse entre 6 y 8. y finalmente uno de los parámetros más importantes como lo es el de Aceites y Grasas ha llegado a un porcentaje de 2,55%, lo que ratifica que el proceso de landfarming es eficiente desde su primera fase.

Durante el proceso la Microbióloga determino a partir de los segundos resultados, la aplicación de 4 bultos más de Fosfato Diamonico (DAP) para un total de 100 kilogramos, es decir, 25 kilogramos de fertilizante por bulto para conservar el ambiente idóneo de la Bioestimulación.



Ilustración 8 Adición de Fosfato Diamónico (DAP)

Durante el análisis físico del suelo se hicieron comparaciones por métodos organolépticos.

El color del suelo se determinó directamente en campo bajo dos condiciones: seco y cuando se humedeció hasta saturación. Para el efecto se recurrió al uso de tablas de color de Munsell, fundamentada en función de tres elementos básicos: el tono, el brillo y la intensidad.

Se puede observar el cambio significativo de color ya que de poseer un color negro oscuro pasó a un color marrón claro. La textura presentaba características arcillosas debido a la viscosidad proporcionada por el hidrocarburo. El contenido de humedad bajó debido a que en este caso es directamente proporcional a la concentración del hidrocarburo, el pH se mantuvo en las condiciones aceptables para el crecimiento microbiano, lo que confirma que el proceso de biorremediación evolucionó satisfactoriamente durante el proceso de landfarming.



Ilustración 9 Muestra de suelo fase de landfarming

En la etapa de biopilas, se realizó una toma de muestras por el método de cuadrícula (anteriormente descrito) para continuar con la evaluación de los parámetros analizados durante todo el proceso de biorremediación, tales como el pH, la Humedad, la concentración del hidrocarburo y el TPH.

Se observó una mejora total de todos los parámetros, principalmente el porcentaje de grasas y aceites las cuales disminuyeron a un 0,99% por lo cual podemos concluir que el suelo ya se encuentra en un nivel aceptable de contaminantes ya que según el PTS de la empresa Aseo Urbano este debe estar por debajo del 1%.



Ilustración 10 Muestra de suelo, fase de biopilas



Ilustración 11 Inicio de la formación de biopilas

Al realizar las Actividades 2.1, 2.2 y 2.3 se logró el segundo Objetivo Específico ***“Realizar seguimiento al proceso de biorremediación durante sus etapas de ejecución, a través del monitoreo de las características físico- químicas del suelo”***. Todo el seguimiento interno del proceso descrito se realizó con el apoyo del laboratorio de la planta de biorremediación del Relleno Sanitario Guayabal ubicado en la ciudad de Cúcuta a través del cual los residuos impregnados con hidrocarburos se someterán a seguimiento mediante análisis químicos desde su recepción hasta su disposición final.

Tabla 6*Resultados suelo contaminado, fase 2*

SUELO CONTAMINADO

Fase: 2, Biopilas

Tiempo de tratamiento: 35 días

Condiciones

pH: 5,3

Conductividad: 2,929 mmhos/cm

Concentración: 143,6 ppm

Humedad: 8,71%

AyG: 0,99%

**Tabla 7***Resultados suelo biorremediado, fase final*

SUELO BIORREMEDiado

Fase: final

Tiempo de tratamiento: 45 días

Condiciones

pH: 5,96

Conductividad: 2,83 mmhos/cm

Concentración: 139,0 ppm

Humedad: 16,24%

AyG: 0,77%



Al finalizar el proceso de biorremediación se tomó una tercera y última muestra, para continuar con los análisis físico-químicos del suelo y su comparación con las muestras tomadas al inicio del proceso. Según los análisis realizados por la empresa la concentración de grasas y aceites disminuyó de 146,6ppm a 139,0 ppm, el TPH pasó de 0,99% a 0,77%, la humedad disminuyó debido a las altas temperaturas de la región y que no se encontraba en presencia de

altas concentraciones de hidrocarburo ya que este es un retenedor hídrico por naturaleza, el color del suelo paso de ser un marrón oscuro a un marrón claro, lo que confirma que el proceso de biorremediación por el método de landfarming es uno de los más eficientes y viables en cuanto a que no se generan emisiones u otros contaminantes, como también en sus costos debido a la poca mano de obra utilizada durante el proceso.



Ilustración 12 Muestra de suelo, fase final

Al realizar las Actividades 3.1, 3.2 y 3.3 se logró el tercer Objetivo Específico ***“Determinar las características físico-químicas y de concentración del hidrocarburo en el suelo al final del proceso”*** y se pudo concluir que el proceso de depuración por parte del microorganismo se realizó de manera eficiente y la recuperación del suelo se logró satisfactoriamente.

Finalmente se realizó una prueba adicional de fitotoxicidad aguda a cada una de las etapas del proceso, en las cuales se tomó una cantidad específica de suelo y se depositó en una caja de Petri, posteriormente se le colocó papel filtro y semillas de *lactuca sativa*, a las cuales se les adicionó 3 ml de agua cada 2 días y finalmente se les hizo un diagnóstico a cada una de las pruebas por separado.

La semilla de *lactuca sativa* no es nativa de la región, pero fueron utilizadas para las pruebas de fitotoxicidad debido a que son una especie sensible a la contaminación por hidrocarburo.

En la primera prueba se tomaron 50,65 gr de material contaminado y se depositó en una caja de Petri, posteriormente se le colocó papel filtro y semillas de *lactuca sativa*, a las cuales se les adicionó 3 ml de agua cada 2 días. A los 8 días la plántula germinó, pero no pudo resistir el grado de contaminación, por lo cual murió a los 9 días de iniciado el proceso.

Tabla 8 Prueba de fitotoxicidad fase 1

suelo contaminado
Fase: 1
Peso: 50,65 gr
Cantidad de agua: 3ml
Germinación: 8 días
Muerte: 9 días

En la segunda prueba se tomaron 34,5 gr de material contaminado y se depositó en una caja de Petri, posteriormente se le colocó papel filtro y 10 semillas de *lactuca sativa*, a las cuales se les adicionó 3 ml de agua cada 2 días. A los 8 días las plántulas germinaron, pero 2 de ellas murieron a los 9 días de iniciado el proceso y a los 12 días murieron las restantes.

Tabla 9
Prueba de fitotoxicidad fase 2

suelo contaminado
Fase: 2, biopilas
Peso: 34,5 gr
Cantidad de agua: 3 ml
Germinación: 8 días
Muerte: 12 días

En la tercera prueba se tomaron 17,3 gr de material contaminado y se depositó en una caja de Petri, posteriormente se le colocó papel filtro y 10 semillas de *lactuca sativa*, a las cuales se les adicionó 3 ml de agua cada 2 días. A los 8 días las plántulas germinaron y se han mantenido viva 9 de las plantas.

Tabla 10
Prueba de fitotoxicidad fase final

suelo biorremediado
Fase: final
Peso: 17,3 gr
Cantidad de agua: 3 ml
Germinación: 8 días
Muerte: indefinida

Adicionalmente se realizó una comparación de la eficiencia del método de landfarming con el método de Biorremediación empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. Esta comparación se realizó por medio de la recopilación de información de libros y páginas web, de lo cual se pudo encontrar la siguiente conclusión:

El proceso de biorremediación aerobia de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo aplicando lodos residuales (biosólidos) como fuente alterna de nutrientes, puede llegar a alcanzar tasas de remoción del 66 al 93 %, (Adriana. Martínez 2011) contrario al método de landfarming que alcanza un porcentaje del 91% de remoción.

La mineralización o madurez de los lodos influye en la tasa de remoción de hidrocarburos, entre más frescos mayor remoción. A diferencia del método de landfarming que usa la Bioestimulación de microorganismos autóctonos con el uso de fertilizantes y materia orgánica, generando así un ambiente propicio para la sostenibilidad de los microorganismos y que estos depuren de manera más eficiente los residuos de hidrocarburos.

El método de landfarming usa microorganismos nativos para la biorremediación con una eficiencia del 91%, a diferencia del método de biorremediación con lodos el cual mantiene los suelos con aireación estimulante de la flora nativa permitiendo remociones entre el 60 y 70 %. (Instituto Tecnológico de Durango, responsable: Adriana. Martínez (2011))

Al realizar las Actividades 4.1 y 4.2 se logró el cuarto Objetivo Específico ***“Evaluar la eficiencia del tratamiento mediante la técnica de landfarming”***.

Al finalizar el proceso de Biorremediación se determinó que este tratamiento es el más apropiado a seguir en suelos contaminados con hidrocarburos en nuestro país por sus ventajas conocidas, su eficiencia al momento de obtener resultados, sus bajos costos y que no genera emisiones al medio ambiente.

Capítulo 4. Diagnóstico final.

Tabla 11

Resultados muestras de suelo

RESULTADOS DEL SUELO				
	FASE 0, SUELO CONTAMINADO	FASE 1, LANDFARMING	FASE 2, BIOPILAS	SUELO BIORREMEDIADO
Tiempo (días)	0	15	35	45
pH	6,98	6,11	5,3	5,96
Conductividad	12,5	0,475	2,929	2,83
Concentración	6142	230,2	143,6	139
Humedad	18,02%	11,96%	8,71%	16,24%
AyG	25,11%	2,55%	0,99%	0,77%

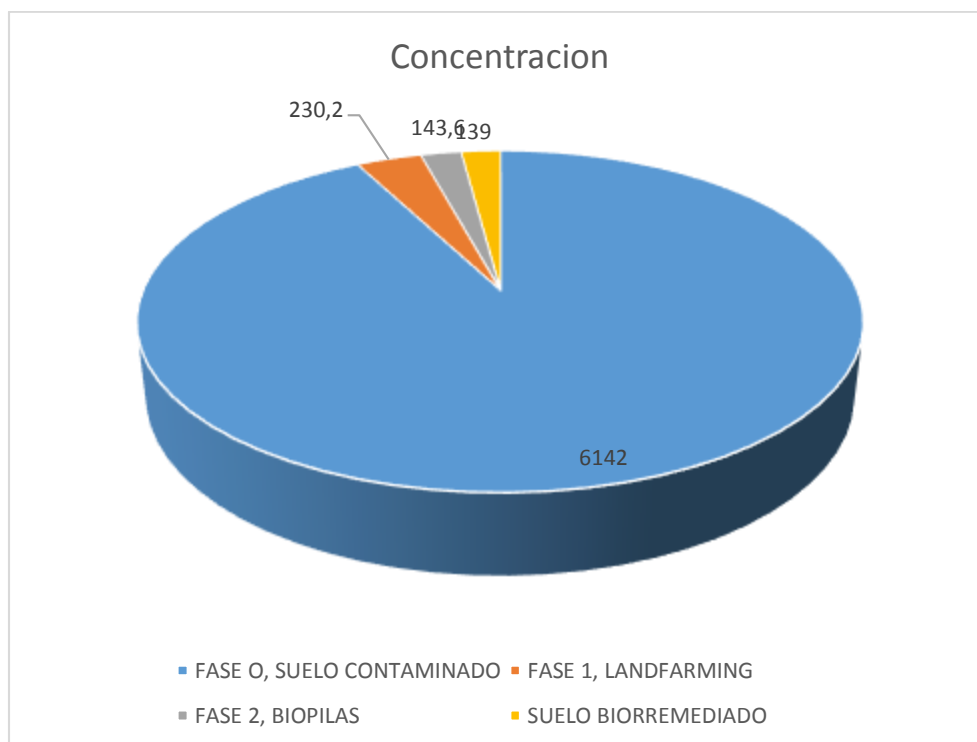


Figura 10. Resultados muestras de suelo

La biorremediación del suelo contaminado por hidrocarburo en la planta de tratamiento de residuos peligrosos de la empresa Aseo Urbano S.A E.S.P, se ejecutó eficientemente durante todas sus etapas hecho que se ve reflejado en la trayectoria de los resultados obtenidos durante el

proceso ya que los resultados con mayor importancia como lo son la concentración de contaminante el cual paso de 6142ppm a 139,0 ppm y el porcentaje de Grasas y Aceites (TPH) paso de 25,11% a 0,77% alcanzando así los niveles aceptables de contaminación los cuales deben estar en <1%.

Landfarming es una alternativa que ha elegido Aseo Urbano S.A. E.S.P. para contribuir con la gestión de residuos peligrosos mediante la técnica de landfarming que es la más usada para la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburos y otros desechos de la industria petrolera.

En la empresa Aseo Urbano el seguimiento al proceso de biorremediación era muy deficiente ya que la toma de muestra y los análisis físico-químicos solo se realizaban dos veces durante todas las etapas de biorremediación y el inicio del proceso se realizaba demasiado tarde. Durante las pasantías se estableció en la empresa Aseo Urbano un seguimiento al proceso de landfarming durante todas sus etapas, lo que ayudo en gran medida a disminuir el tiempo de biorremediación, garantizo la recuperación exitosa del suelo contaminado y dio paso a nuevas descargas de suelo contaminado.

Capítulo 5. Conclusiones.

En el desarrollo de la pasantía se pudo determinar que durante el proceso de biorremediación “landfarming” tiene la capacidad de adaptarse a suelos estériles gracias a la ayuda de los microorganismos autóctonos.

El proceso de landfarming es una de las alternativas más eficientes para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, ya que no se generan desechos durante las etapas del tratamiento, puesto que la celda de biorremediación donde se deposita el material contaminado está totalmente impermeabilizado lo que ayuda a evitar alteraciones ecosistémicas terrestres o acuáticas por causa de alguna filtración.

La tecnología de biopilas al final del proceso es un complemento para disminuir un poco más el restante de hidrocarburo en el suelo, logrando así un material con límites aptos de concentración de contaminante.

Durante las pasantías se logró la recuperación del suelo contaminado debido a la contingencia en el pueblo de Ayacucho, Cesar. El suelo recuperado fue depositado en la celda de seguridad, dentro de la planta de residuos peligrosos ya que lo que una vez fue peligroso, no deja de ser peligroso.

Capítulo 6. Recomendaciones

Después de haber expresado mis conclusiones a las que he llegado durante el acompañamiento en la ejecución del proceso de landfarming, el cual se llevó a cabo durante la pasantía, se dan las siguientes recomendaciones:

Es necesario realizar más estudios sobre los microorganismos propios del suelo como los hongos y así poder tener más certeza sobre su participación en los procesos de degradación de hidrocarburos.

Enviar análisis del suelo a biorremediar a otros laboratorios acreditados por el IDEAM, para así obtener una base más sólida sobre los resultados que se requieran.

Enfocar a los pasantes en áreas más acorde a su formación como profesional.

Referencias

Aseo Urbano S.A. E.S.P. (2014). Definiciones. *En PTS Biorremediación* (1, 2 & 3).

Aguachica, Cesar.

Fabián Cabrera Jara & Lucia Montenegro. (2014). *Estudio De Dos Tratamientos A*

Escala Piloto Para La Biodegradación De Suelos Contaminados Por

Hidrocarburos Por El Método De Landfarming. Octubre 1, 2014, de Revista EPN

Sitio web:

http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/articulo/view/320/pdf

Irene Ortiz Bernad, Juana Sanz García, Miriam Dorado Valiño & Susana Villar

Fernández. (2006). *Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados*. 2006, de

Elecé Industria Gráfica Sitio web:

https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf

Diana Cristina Ñustez Cuartas (2012) *Biorremediación para la degradación de*

hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de

combustible (tesis de maestría) Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira,

Colombia.

AccuWeather. (2016). *El tiempo en Aguachica, Cesar*. 2017, de AccuWeather Sitio web:
<http://www.accuweather.com/es/co/aguachica/101961/weather-forecast/10196>

Apéndices

Apéndice 1

Plano de la celda de biorremediación

