



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel
Zamora VPDS (UNELLEZ - VPDS)

AUTORES: Correa Adriana

C.I: 25.288.758

Guerrero Yeni

C.I: 25.632.584

Tutor Académico: González Deivis

Barinas, abril de 2019.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**USO DE LA SEMILLA MORINGA OLEÍFERA (LAM) PARA DISMINUCIÓN
DE ACEITES MINERALES E HIDROCARBUROS EN AGUAS EFLUENTES.**
Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por
el título de: Ingeniero de Petróleo.

AUTORES: Correa Adriana

C.I: 25.288.758

Guerrero Yeni

C.I: 25.632.584

Tutor Académico: González Deivis

Barinas, abril de 2019.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Especial de Grado presentado por el ciudadano **Correa Adriana, C.I. 25.288.758** y **Guerrero Yeni C.I: 25.632.584** para optar al título de **Ingeniero de Petróleo**, considero que este reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Barinas a los _____ días del mes de _____ del

Tutor: Deivis González

C.I.: 16.635.218.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

USO DE LA SEMILLA MORINGA OLEÍFERA (LAM) PARA DISMINUCIÓN
DE ACEITES MINERALES E HIDROCARBUROS EN AGUAS EFLUENTES.
POR AUTOR: Correa Adriana, C.I. 25.288.758 y Guerrero Yeni C.I
25.632.584

Trabajo Especial de Grado aprobado en nombre de la Universidad
Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” por el
siguiente jurado, a los _____ días del mes de _____ de _____.

JURADO C.I.

JURADO C.I.

TUTOR Deivis González C.I. 16.635.218

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, guiarme, demostrarme su grandeza, dándome salud y fuerzas necesarias para no dejarme vencer.

A mis padres, Juan Carlos y Luz Mayra, que con esfuerzo y sacrificio lograron ayudarme a cumplir esta meta, gracias por su ejemplo, amor incondicional, educación, consejos, regaños, comprensión y paciencia, este logro más que mío es de ustedes.

A mis hermanos, Carlos y Karla, por llegar a mí vida y enseñarme la responsabilidad de ser la hermana mayor, por sacarme risas en momentos tristes, por soportar mis ausencias y aun así amarme incondicionalmente.

A mis abuelos, Eloísa y Jesús, por su apoyo incondicional, y a mi Ángel en el cielo María por enseñarme siempre a ser una persona de bien, siempre estarás en mi corazón.

A mis tíos, Pedro, Inés, Beatriz, Carmen, por formar parte de mi educación y apoyarme en momentos de dificultad.

A mis primos, Jhon, Mayra, Virgelina, Diana, Raúl, Víctor, Leydis, Marvin, María Cecilia, Elizabeth, Olga, por formar parte de mi vida y de alguna forma ser un ejemplo para mí.

A la familia Correa Castillo, por adoptarme y tratarme como un integrante más, por su apoyo, cariño y amistad, son personas maravillosas que Dios puso en mi camino.

A mis amigos, que me acompañaron en este recorrido (Karin, Perla, Mariana, Erwin, Mayra) por compartir largas horas de estudio, alegrías, tristezas, y locuras son muy especiales para mí.

A mis amistades, del bachillerato (Noelia, Emily, Kimberly, Kihaiet) por siempre creer en mí y por estar presentes a pesar de la distancia.

A ti Junior Enmanuel, por siempre aparecer en el momento indicado, por tu cariño, comprensión y por alegrarme los días.

Y por último, pero no menos importante, a ti Adriana Carolay, la hermana que la vida me regaló, por ser un ser de luz que Dios envió a mi vida para acompañarme en

todos estos años, por soportarme, nunca abandonarme a pesar de las adversidades y por tu amistad incondicional.

A todos, gracias y Dios les bendiga grandemente.

Yeni Stefanni Guerrero Villamizar

A DIOS TODOPODEROSO, por su infinito AMOR, BONDAD Y MAJESTUOSIDAD. Por iluminar mi vida, alentar mis pasos, por ser mi FIEL ayudador, por su agradable y perfecta VOLUNTAD. Por proveer todo lo necesario para seguir de pie ante todas las adversidades. Por BENDECIR mi vida con mi FAMILIA y AMIGOS. GRACIAS PADRE CELESTIAL.

A MIS PADRES, Fredys Correa y Libia Castillo, por ser mis MENTORES DE VIDA, por su lucha, constancia, esfuerzo, dedicación, por el APOYO INCONDICIONAL y sobre todo por su INMENSO AMOR. GRACIAS PAPI por ser mi BASE, GRACIAS MAMI por ser mi FÉ. Porque sin su apoyo hoy no estaría culminando esta meta, que para mí es la MEJOR HERENCIA. ¡GRACIAS, LO HEMOS LOGRADO!

A MIS HERMANOS, Freddy y Ariana fieles compañeros, lejos de dañarme, su existencia enriquece mi vida. Como sujetadores de libros siempre están ahí para mantenerme de pie cuando pierdo el equilibrio. Este logro es de ustedes.

A MI SOBRINA, Amalia Paulina por impregnar mis días de alegría, amor y ternura. Por ser motivo de superación.

A MIS ABUELAS, Calina Castillo, Blanca Castillo y Emilia Correa, grandes mujeres que me han enseñado que el amor hijos, nietos, bisnietos y tataranietos puede vencer cualquier barrera, el mejor ejemplo de lucha y perseverancia.

A MI PRIMA, Johana por ese cariño tan hermoso, por siempre animarme a seguir adelante. El apoyo que me has dado nunca lo dejaré de considerar. Éste también es tuyo.

A MIS TÍAS(OS) Y PRIMAS(OS) por cada palabra de fuerza y muestra de afecto. En especial a quien fue un gran apoyo, ejemplo de perseverancia, disciplina y honestidad Nestor Javier Castillo, sé que desde el cielo celebras conmigo este logro.

A LAS AMISTADES que encontré en este recorrido, las que estuvieron en momentos de dificultad, las que permanecieron hasta en final y quienes que me

brindaron su sincera amistad, Gracias Karin, Mariana, Perla, Chriss. Y a quienes me sacaron grandes sonrisas Junior, Mayra y Erwin. A quienes con su cariño me ayudaron a seguir en este camino y me hicieron ser parte de su familia, María F, Delimar, Jheslyana, Génesis.

A Yenifer D. por ser un constante apoyo, por alentarme en momentos de dificultad y por su amistad incondicional. Orgullosa de que pronto lograremos una de las metas que teníamos al salir de bachillerato Ana G. y Génova por su amistad gracias.

A Maiker O. Por acompañarme en estos últimos años, por tu amistad, por enseñarme a ver las cosas desde un prisma más optimista y por tus mensajes de ánimos a deshoras, gracias.

A MI COMPAÑERA en este proceso, Yeni S. gracias por estar en cada momento de dificultad o de celebración, porque a pulso te has ganado mi sincera amistad, por levantarme en momentos difíciles ¡Lo logramos negra! A la familia Guerrero Villamizar por el aprecio y apoyo gracias.

A mis padrinos Octavio y Nathaly, a la Familia Aguilera en especial a mi Querido Florencio. A los que día a día me consienten Flor C. y Alfredo B. Por su cariño, por ser cómplices, por orientarme y por confiar en mí.

DIOS los bendiga siempre ¡GRACIAS POR TANTO! LOS AMO.

-La gratitud se da cuando la memoria se almacena en el corazón y no en la mente.

Adriana Correa.

RECONOCIMIENTO

A nuestra casa de estudios UNELLEZ Barinas, por albergarnos durante estos años y formarnos como Ing. De Petróleo.

A los Prof. Sharon E; Jean J; Devis G; Martin M; Rosalba G; por su formación ejemplar y su guía en este proceso, especialmente al Prof. José Gregorio Lías por su dedicación y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	pp.
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE GRÁFICOS	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I: EL Problema.....	16
Planteamiento del Problema.....	16
Objetivos de la Investigación.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Justificación de la Investigación.....	19
Delimitaciones y Limitaciones	21
Delimitaciones.....	21
Limitaciones.....	21
CAPÍTULO II: Marco Contextual	23
Área de la Investigación.....	23
Antecedentes del Estudio.....	23
Marco Teórico.....	26
Glosario de Términos.....	46
Sistema de Variables.....	48
Mapa de Variables.....	49
Normativa y Aspectos Legales.....	50
CAPÍTULO III: Marco Metodológico	59
Tipo de Investigación.....	59
Metodología.....	60
Población y Muestra.....	60
Técnicas, Instrumentos y Materiales aplicados en la recolección de datos.....	61
Materiales y Métodos.....	61
CAPÍTULO IV: Análisis de los Resultados.....	67
Presentación.....	67
CAPÍTULO V: Conclusión y Recomendaciones.....	78
Conclusión.....	78
Recomendaciones.....	79
Referencias Bibliográficas.....	80

LISTA DE TABLAS

	pp.
1. Mapa de Variables.....	49
2. Aguas Subtipo 1 A.....	53
3. Aguas Subtipo 1 B.....	53
4. Aguas Subtipo 1 A y 1 B.....	54
5. Rangos máximos de calidad de vertidos líquidos.....	55
6. Cálculos de los gramos condensados para cada muestra.....	67
7. Cálculos de las partes por millón (ppm) para cada muestra.....	67
8. Cálculos de los gramos de moringa para cada muestra.....	68
9. Valor del condensado no removido de la solución.....	72
10. Valor del condensado no removido.....	73
11. Valor del condensado removido de la solución.....	74
12. Masa de la película de crudo.....	75
13. Porcentaje de remoción de condensado y crudo.....	78

LISTA DE FIGURAS

	pp.
1. Partes de un tanque.....	36
2. Separador API.....	37
3. Separador API Rectangular.....	37
4. Torre de Enfriamiento.....	38
5. Laguna de Enfriamiento. Estación Sinco D. Barinas.....	38
6. Vasos precipitados con agua y condensado.....	68
7. Vasos precipitados con agua, condensado y moringa.....	69
8. Montaje experimental para la separación líquido.....	71
9. Separación de los líquidos por la diferencia de densidades.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

1. Porcentaje de remoción de condensado y crudo.....	pp. 76
--	-----------



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

USO DE LA SEMILLA MORINGA OLEÍFERA (LAM) PARA DISMINUCIÓN DE ACEITES MINERALES E HIDROCARBUROS EN AGUAS EFLUENTES.

AUTORES: Correa Adriana, C.I. 25.288.758 y Guerrero Yeni C.I 25.632.584

TUTOR: Deivis González.

Abril, de 2019

Resumen

Se evaluó el uso de la semilla de Moringa oleífera (LAM), para la remoción de aceites minerales, hidrocarburos y crudo de agua de efluentes, se procedió a realizar 4 muestras a diferentes concentraciones de moringa, las pruebas se realizaron a escala de laboratorio, para la determinación de remoción de los aceites minerales, hidrocarburos y crudo, a dichas muestras se les aplicó el proceso de separación líquido-líquido determinando el porcentaje de remoción. La remoción es directamente proporcional a la cantidad relativa de moringa disuelta en el solvente de extracción. Se comprobó la capacidad de absorción de las cadenas medianas de hidrocarburos y este puede ser una alternativa para el tratamiento de las aguas de producción de la industria petrolera. La metodología usada dentro de la investigación fue de campo a escala de laboratorio experimental que nos permite trabajar en campos poco investigados; la remoción promedio obtenida para las muestras con condensado fue de 85,16 % y para la prueba de crudo realizada fue de 93,33 %. Con lo que podemos concluir que la moringa según resultados obtenidos puede ser utilizada en prueba piloto en las estaciones de flujo de la industria petrolera.

Descriptores o palabras claves: aceites minerales, hidrocarburos, crudo, agua de efluentes.

Correos: caroladri9406@gmail.com, iney1811@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de la industria petrolera día a día se hacen más exigentes en cuanto a la calidad del crudo, debido a que el contenido de agua asociado a este disminuye apreciablemente los costos de venta. El agua producida es el producto de desperdicio de mayor producción en la industria petrolera, la cantidad de agua que se generan en los campos petroleros tienen efectos perjudiciales en los ecosistemas terrestres y marinos. Como se sabe una característica de la extracción de hidrocarburos es la producción de agua (llamada agua de formación o de producción), la cual representa más del 50% de la producción total dependiendo de la zona de extracción (presencia de acuíferos) o por declinación de la presión de reservorio. La problemática de las aguas de producción radica en la repercusión y el impacto que genera el creciente déficit en los tratamientos físico-químicos que recibe antes de ser vertidas en los caños receptores.

En las últimas décadas debidas a la creciente conciencia pública, leyes gubernamentales se les pide mayor atención a las compañías petroleras en todo el mundo en su compromiso con la protección ambiental, es por eso que se ha despertado el interés por desarrollar tecnologías que logren eficazmente el uso y manejo del agua tratada. El tratamiento a seguir del agua producida dependerá en gran parte de las características de su origen, así como la disposición final elegida.

La importancia respecto al tratamiento del agua producida ha ido desarrollando y cada año se organizan nuevas tecnologías que sean amigables con el ambiente, además que se busca que sean eficientes en su ejercicio. Las leyes son cada vez más fuertes y requiere de un tratamiento óptimo del agua antes de su descarga, investigaciones acreditadas se han realizado para determinar los resultados a largo plazo de la descarga del agua producida en el ambiente. Los resultados dicen que los componentes tóxicos del agua como los aceites minerales e hidrocarburos disueltos así

como los metales causan un daño irreversible al ambiente, debido a estos riesgos es necesario crear algún método práctico para el tratamiento de aguas de producción que facilite la eliminación de los aceites minerales e hidrocarburos de dichas aguas para con ellos reducir el impacto ambiental, en el capítulo II el cual es marco contextual donde están plasmadas las leyes y normativas que regirán las investigaciones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto mundial, la depuración efectiva de las aguas de producción se ha convertido en una preocupación creciente en las últimas décadas, en ese sentido, la legislación de los países desarrollados, y cada vez más la de los países en vías de desarrollo, ha evolucionado para recoger esta preocupación llevando a regulaciones ambientales y estándares cada vez más restrictivos. Los efluentes petroleros contienen frecuentemente contaminantes tóxicos y resistentes a los tratamientos convencionales de aguas residuales, por lo que existe la necesidad de desarrollar tecnologías eficaces para la eliminación de contaminantes y el esfuerzo en investigación y desarrollo se ha redoblado.

Las aguas de producción, según Gutiérrez (2015) “son las que encuentran naturalmente en las rocas y están presentes antes de la perforación de un pozo, su composición depende del origen del agua y de la modificación que pueda ocurrir una vez que entra en el ambiente del subsuelo” (p.43). Las aguas de formación deben ser obtenidas del fondo de los pozos, sin embargo, por razones de costo, las muestras son tomadas a nivel de superficie, en el cabezal del pozo. A medida que suben en la columna, desde el pozo hasta llegar a la superficie, sus características varían debido a los cambios de presión, temperatura y composición de los gases.

Ahora bien, debido a la presencia de aceites minerales e hidrocarburos en las aguas de producción petrolera la eliminación de estos se puede efectuar empleando diversos métodos. Asimismo, la remoción de estos compuestos

requiere muchas veces de la aplicación de tratamientos específicos, entre los cuales la adsorción ha demostrado ser de gran utilidad en la consecución de tal fin, aplicada ya sea independientemente o asociada a otros procesos de tratamiento, fisicoquímicos o biológicos.

Asimismo, en Venezuela La explotación petrolera y sus industrias producen afluentes con altos contenidos de contaminantes tóxicos como son los aceites minerales e hidrocarburos. Específicamente, los procesos de producción de crudo son fuentes continuas de estos contaminantes, es a bien recalcar que los aceites minerales e hidrocarburos son cadenas medianas de carbonos que afectan de manera grave la vida de los seres vivos por ser toxico. En el entorno nacional, la Moringa oleífera, se ha utilizado para el tratamiento de aguas; a ese respecto Morales y col. (2014) utilizaron semillas maceradas de Moringa oleífera LAM, en solución y en suspensión para la producción de agua. (p.89) esto indica que, Las semillas de la moringa son útiles para la purificación del agua ya que contienen polielectrolito catiónico el cual ha demostrado su eficacia en el tratamiento de las mismas. Las operaciones de producción crean grandes cantidades de agua definida por Avellaneda (1960) como *el fluido que acompaña al hidrocarburo durante el proceso de explotación, esta es conocida como agua producida o agua que produce el pozo*, una vez llegada a superficie son llevadas a las estaciones de flujo donde se hacen pasar por ciertos procesos para ser separada del crudo y en ocasiones del gas, de modo que se pueda aprovechar al máximo lo producido por el pozo y convirtiendo el agua producida en agua efluente.

En el caso particular de Estado Barinas, se ha percibido en la Estación de Flujo Silván una situación de agua contaminada con aceites minerales e hidrocarburos producto de la descarga de los efluentes líquidos tratados en la misma. En esa dirección, las aguas de producción deben estar sujetas en los

rangos permitidos, establecidos por la legislación del Ministerio del Poder Popular para el Eco socialismo y aguas, los cuales están descritos en el decreto N° 883, Según el decreto N° 883 sobre “Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” para ser descargada al ambiente, el agua de producción proveniente de las estaciones de flujo, debe pasar por un previo tratamiento que elimine o en su defecto disminuya de esas corrientes, cualquier impureza o sustancia contaminante que pueda poner en riesgo el ambiente, mencionado en su capítulo III sección III los límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses siendo para los aceites minerales e hidrocarburos es de 20 mg/l.

De acuerdo a lo antes expuesto, se realizarán diferentes pruebas de laboratorio, en las cuales se analizará la capacidad de absorción de aceites minerales e hidrocarburos de la moringa con el agua de efluentes, por lo cual es propicio generar las siguientes interrogantes:

¿Cómo son los parámetros del agua de producción que se maneja en la Estación de flujo Silván?

¿Qué proceso se cumplen para la obtención de la materia prima de la moringa y los aceites minerales e hidrocarburos en el agua de producción?

¿Cuáles son los parámetros obtenidos del agua de producción tratada con moringa con respecto al agua de efluente?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el empleo de la semilla moringa oleífera (LAM) para disminución de aceites minerales e hidrocarburos en aguas efluentes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Formular 3 muestras a diferentes concentraciones de moringa Oleífera (LAM) para determinar la capacidad de absorción de aceites minerales e hidrocarburos.
- Procedimientos aplicar a las muestras para conocer la capacidad de impregnación de aceites minerales e hidrocarburos de la moringa Oleífera (LAM).
- Determinar la eficiencia de remoción de los aceites minerales e hidrocarburos presentes en las aguas de efluentes con la aplicación de *Moringa Oleífera (LAM)*.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El tratamiento de agua de efluente con moringa para el control de aceites minerales e hidrocarburos, es una actividad importante puesto que esta planta tiene capacidad para el tratamiento del agua, y últimamente se ha puesto a punto métodos de utilización cuya eficacia ha quedado demostrada. El uso de la absorción como tratamiento permite la posibilidad de recuperación de los compuestos orgánicos tóxicos como los aceites

minerales e hidrocarburos, mediante el proceso de desorción con un solvente específico (moringa), esto constituye una ventaja adicional con respecto a otros procesos de tratamiento.

Se destaca que, Venezuela es uno de los países con las mayores reservas mundiales de petróleo, la explotación del recurso trae como consecuencia una elevada producción de residuos líquidos, entre los que se encuentran las aguas de producción de petróleo. Además, las aguas de producción petrolera son aquellas que se encuentran naturalmente en las rocas y está presente antes de la perforación de un pozo, su composición depende del origen del agua y de la modificación que pueda ocurrir una vez que entra en el ambiente del subsuelo.

Las ventajas de emplear la moringa para el control de aceites minerales e hidrocarburos representan una alternativa a los métodos biológicos usados tradicionalmente para el tratamiento de aguas, que presentan fuertes limitaciones debido a la toxicidad de los aceites minerales e hidrocarburos. Dicho método permite la regeneración del adsorbente y la eliminación total de compuestos de aceites minerales e hidrocarburos en aguas residuales. Tiene lugar en condiciones suaves de reacción, gracias a la combinación de técnicas catalíticas y de adsorción. Además, se generan nanopartículas homogéneas y esféricas que presentan múltiples aplicaciones industriales y presenta costes menores que los métodos de tratamiento convencionales, así como supone una mayor facilidad de operación.

A su vez, la realización del presente proyecto, es posible porque el tratamiento de aguas residuales mediante la absorción de aceites minerales e hidrocarburos es decir uso de la semilla de moringa en el proceso más comúnmente empleado en la depuración de tales efluentes. Así, la gran variedad de compuestos que se pueden tratar convierten a esta técnica en la

más adecuada para el tratamiento de aguas residuales con orígenes diversos, como por ejemplo las aguas de producción petrolera. No obstante, la presencia de determinados compuestos orgánicos tóxicos, como es el caso del aceites minerales e hidrocarburos, reducen drásticamente su efectividad hasta el punto de hacerlos inviables.

Se dice que la presente investigación tiene importancia teórica, ya que se desarrollan los términos agua de producción petrolera y efluentes, tratamiento con moringa y control de aceites minerales e hidrocarburos. Desde el punto de vista práctico, las pruebas de laboratorio nos permiten determinar la capacidad de la moringa de remover los contaminantes del agua como lo son para nuestro caso los aceites minerales e hidrocarburos.

DELIMITACIONES Y LIMITACIONES

DELIMITACIONES

Se desarrollará una investigación que lleva como título ***Uso de la semilla moringa oleífera (LAM) para disminución de aceites minerales e hidrocarburos en aguas de efluentes***, tendrá como lugar de desarrollo las instalaciones del Laboratorio de Agua de la UNELLEZ- VPDS, y cubrirá un tiempo de seis (6) meses de investigación.

LIMITACIONES

Se presentan un conjunto de variables que limitan el progreso de la investigación, dentro de las cuales se están déficit de equipos para realizar las pruebas, y la disposición del laboratorio de fluidos de PDVSA para mejorar con la investigación pertinente en la estación flujo.

El constante racionamiento de flujo eléctrico nos limitó bastante en nuestra investigación, porque no nos permitía realizar de manera fluida el trabajo dentro del laboratorio.

ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se plantea ejecutar como prueba piloto en el laboratorio de control y calidad de agua de la Universidad Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. Ubicada, en la Redoma de Punto Fresco, Av. 23 de Enero, Barinas 5201, Barinas.

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En los últimos tiempos los avances científicos referentes a las actividades petroleras han marcado la apertura de una nueva época. Sin embargo, a pesar de este progreso exponencial, se ha demostrado un progresivo deterioro de la calidad ambiental producto de las actividades de la industria. Cabe destacar, que uno de los problemas más comunes es la contaminación del agua de los cuerpos receptores en las adyacencias de las estaciones de flujo. Es por ello, que ha surgido la necesidad de ejecutar estudios e investigaciones para aportar potenciales soluciones a esta acentuación de problemas de índole ecológico.

REMOCIÓN DE ACEITES MINERALES EN AGUAS RESIDUALES DE REFINACIÓN DEL PETRÓLEO MEDIANTE ADICIÓN DE REACTIVOS QUÍMICOS Y SEPARACIÓN POR FLOTACIÓN NATURAL O CON AIRE DISUELTO, I.Q. Rodrigo Montalvo Santiago, 2013. En el siguiente trabajo de tesis se presentan los conceptos teóricos y los resultados de un estudio

de la aplicación de la flotación con aire disuelto con coagulación-floculación previa, para la remoción del aceite mineral disperso y emulsificado. Para la desestabilización de la emulsión se probaron productos químicos, inorgánicos y orgánicos, con propiedades coagulantes y floculantes. Se obtuvieron buenos resultados entre 85 y 90% de remoción de GyA con las combinaciones del sulfato de aluminio y polímeros, cloruro férrico y polímeros, así como con los polímeros catiónicos aplicados de forma individual. Sin embargo, el empleo de un floculante catiónico (LARKFLOC-C5100) proporciona la ventaja de reducir el volumen de los lodos y de obtener remociones de Grasas y Aceites minerales (GyA) por arriba del 79%, además el costo unitario del tratamiento es menor. El proceso de flotación por aire disuelto se estudió con previa desestabilización de la emulsión. Para esto se llevaron a cabo pruebas utilizando un diseño cuadrado latino 3*5 con tres factores (presión, relación de recirculación y tipo de tiempo de residencia hidráulico), considerando una variación en 5 niveles. Se determinó que el factor con influencia significativa es la selección del polímero, después el Tiempo de Residencia Hidráulico (TRH), la relación de recirculación y por último la presión en el tanque de saturación. La combinación de los procesos coagulación-flotación con aire disuelto, permiten obtener una remoción de GyA (80%) y DQO (55%) adecuado para cumplir con las concentraciones requeridas en la alimentación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la industria. Las mejores remociones del aceite mineral se obtienen a presiones bajas en el tanque de saturación 14.2 y 28.4 lb/in² y con una recirculación alrededor de 30% y con TRH menores a 25 min.

REMOCIÓN DE ACEITES (PETRÓLEO) EMULSIFICADOS EN AGUA POR FLOCULACIÓN-FLOTACIÓN JET. Mario Santander, Rafael Rodríguez, Jorge Rubio. (2010). Este trabajo presenta resultados obtenidos en estudios de remoción de aceites (petróleo) emulsificados en agua en celda de flotación tipo Jameson “jet” (convencional y modificada). Fueron

estudiados los siguientes parámetros: concentración y diámetro medio de las gotas de petróleo (aceite) emulsificado; y modificaciones estructurales en el diseño de la unidad de flotación. Estos estudios permitieron optimizar parámetros de “design”, químicos, físico-químicos y operacionales. Basándose en los resultados obtenidos en los estudios de laboratorio fue proyectada y construida una unidad de flotación piloto de 4,8-5 m³/h y probada en una plataforma marítima, en el sistema de extracción y producción de petróleo. En las mejores condiciones operacionales fueron obtenidas, en una sola etapa, descargas que varían entre 20 y 30 mg/L de aceite, con eficiencias de remoción > 81 %, para una capacidad de 592 m³/m² d. Los resultados mostraron el gran potencial de la flotación jet modificada en el área de tratamiento de aguas contaminadas con sustancias orgánicas (aceites, solventes, hidrocarburos). Las principales ventajas son la simplicidad de su diseño y la elevada capacidad de tratamiento.

En tal sentido, **Jhonny Palmero y José Lías** evaluaron en el año **2017** los **efectos de la Moringa Oleífera como coagulante natural, en un agua residual de origen agroindustrial**, trabajo de investigación que tuvo como sede la unidad de laboratorios de productos naturales, UNELLEZ Barinas, las técnicas para nutrir el curso de la investigación estuvieron bajo el análisis de pruebas de jarra y los ensayos de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, sólidos suspendidos totales, y sólidos totales disueltos. El agua residual cruda reportó una turbidez inicial de 1826 NTU. Se utilizó un intervalo de concentraciones de 10 a 30 mg/l de la solución coagulante de moringa oleífera, obteniendo un valor de dosis óptima de 15 mg/l para el valor de turbiedad mencionado y alcanzando un porcentaje de remoción de turbiedad de 92%, mientras que para el color se logró remover el 69%. Los valores de alcalinidad y pH no se vieron afectados con la aplicación de la solución coagulante.

MARCO TEÓRICO

TRATAMIENTO DE AGUA

Las aguas provenientes del proceso de deshidratación de crudo pasan a los sistemas de tratamiento de agua, los cuales varían de una estación a otra, el tipo y el número de equipos utilizados en los sistemas de tratamiento dependen del volumen de agua manejado por la estación y de las características físico-químicas de las aguas de producción los cuales varían por muchos factores tales como: tipo de yacimiento, método de producción empleado, las diferentes etapas en la vida de la formación productora, entre otras. Los principales contaminantes asociados a este tipo de aguas son: crudo total y emulsionado, hidrocarburos, sales disueltas y sólidos suspendidos. Frecuentemente presentan elevadas temperaturas y en oportunidades algunos metales pesados.

Estos procesos constan principalmente de cuatro etapas:

La primera etapa es la remoción de crudo libre, el cual representa el tratamiento primario debido a que está destinado a eliminar todas las gotas de hidrocarburos y aceites cuyo tamaño es mayor a 35 micrones. El efluente del tratamiento primario normalmente contiene cantidades considerables de aceites emulsionados y sólidos en suspensión, este tratamiento se lleva a cabo por medio de los separadores API, los cuales son los dispositivos más comunes para la separación de crudo por gravedad. Este dispositivo consiste de un tanque diseñado para maximizar la sedimentación de sólidos y la flotación de petróleo. El petróleo es luego recuperado y enviado a los tanques de lavado.

La segunda etapa es la remoción de crudo en suspensión, este paso representa el tratamiento secundario, el cual se lleva a cabo a través de las unidades de flotación.

Las unidades de flotación generan pequeñas burbujas de aire con la finalidad de arrastrar las partículas de crudo emulsionado y unir las Para formas partículas más grandes, favoreciendo de esta manera la separación entre crudo y el agua, y la recuperación de crudo en superficie por mecanismo de arrastre.

La tercera etapa la comprende los sistemas de enfriamiento y decantación, conformados por las algunas, las unidades de enfriamiento por cascada y aspersion y las torres de enfriamiento. Las lagunas se utilizan para enfriar el efluente d manera natural, y para la retención de sólidos, las torres se utilizan para disminuir la temperatura del agua al igual que las unidades de enfriamiento por cascada y aspersion.

La cuarta y última etapa está constituida por el tratamiento biológico, el cual solo se lleva a cabo en la estación Mingo. Este tratamiento se realiza por medio de una biolaguna, en la cual se siembran bacterias que son capaces de degradar los fenoles, las cuales son aeróbicas por lo tanto necesitan oxígeno y nutrientes que garanticen su supervivencia. El oxígeno demandado por las bacterias es proporcionado por difusores de aire y la cantidad optima de fosforo es obtenida mediante la adición de ácido fosfórico. Los efluentes luego de pasar por la biolaguna son conducidos al ambiente o caños receptores a través del canal de descarga, el cual también forma parte del sistema de tratamiento debido a que en este se encuentran trampas de heno, las cuales son utilizadas para la retención del crudo remanentes de las etapas anteriores del sistema de tratamiento.

AGUAS PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO.

Aguas de formación

Las aguas de producción se componen de aguas de formación, que son aquellas que provienen de las formaciones geológicas y que se obtienen normalmente durante la extracción del petróleo, y aguas que se contaminan al inyectarlas a un yacimiento (esta actividad utiliza una gran cantidad de agua superficial). Estas aguas son altamente contaminantes, por lo que representan un alto riesgo para la fauna, flora, suelos, fuentes de agua y el ser humano. Por ello existen restricciones para su manipulación y deposición.

La mayor parte del agua potable en el mundo se encuentra en acuíferos (aguas subterráneas) de poca profundidad. La mayoría de los acuíferos de agua potable se alimentan de fuentes superficiales y son altamente susceptibles a contaminarse con otros fluidos.

Las aguas de producción son un contaminador ideal, pues esencialmente tienen la misma gravedad específica del acuífero y son fácilmente mezcladas con el agua fresca. Al momento no existen estudios sobre la eco-toxicidad de los distintos contaminantes provenientes de las aguas de formación en mares tropicales, y aunque la principal preocupación se ha centrado en los hidrocarburos presentes, otros compuestos pueden tener efectos mayores, sobre todo cuando actúan en conjunto.

Las concentraciones de sales en el agua de formación pueden llegar a ser varias veces más altas que la del agua de mar, afectando negativamente a la fauna y flora nativa. Otra fuente importante de impactos, son las altas temperaturas que alcanzan estas aguas.

Las aguas de formación, vertidas en ríos y con altos niveles de hidrocarburos son ingeridas por la población de los alrededores. El máximo permitido de sales en aguas de consumo en algunos países es de 250 mg/l de sodio, de 250 mg/l de cloruros, y de 500 mg/l de sólidos disueltos, aunque los expertos expresan que realmente los niveles óptimos de calidad deberían estar por debajo de los 100 mg/l.

La disposición de las aguas de producción es uno de los temas más discutidos de la industria petrolera, por ello existen normas y procedimientos prohibidos y recomendados.

Aguas de producción

Agua producida es un término para el agua depositada que se separa durante el proceso de producción de crudo y gas. Los depósitos de crudo y gas normalmente contienen agua, crudo, sólidos, condensados y gas. Cuando el crudo y el agua se procesan, el agua se separa y se bombea de nuevo al depósito para mantener la presión adecuada del pozo.

La producción de petróleo requiere básicamente que los fluidos que entran en el agujero del pozo puedan fluir hasta la superficie, donde son procesados, separados y transportados al mercado. La mayoría produce algo de agua, pero generalmente las cantidades son, al menos en un principio, muy pequeñas. El agua también se inyecta intencionalmente en muchos yacimientos para mantener la presión o como parte de un proceso de recuperación secundaria. En este proyecto, el agua es inyectada mediante un sistema de pozos ubicados entre los pozos productores. El agua mantiene la presión y además barre el petróleo de los poros del yacimiento hacia el pozo. La recuperación del petróleo depende de los volúmenes de barridos (la cantidad de agua que pasa por cada espacio de poros) y pueden obtenerse

altas recuperaciones, del orden del 60%. Con los volúmenes de cada barrido se producen grandes cantidades de agua en cada pozo productor, que normalmente son recirculados al yacimiento.

En resumen, todos los pozos producen algo de agua. Las cantidades varían desde muy pequeñas inicialmente hasta varias veces el volumen de petróleo en etapas posteriores de la vida del depósito. En la mayoría de los casos la producción de agua durante la vida del pozo es inevitable, y se prevé que los volúmenes aumentan dramáticamente una vez que ocurra la irrupción del agua, y luego aumenten cada vez más lentamente hasta alcanzar el límite económico.

Principales componentes de las aguas de producción

Los componentes primarios de las aguas de producción dependen del agua específica que se produce, y los componentes que se muestran en un análisis, a menudo dependen de la razón por la cual se está realizando el análisis del agua. La mayoría de los componentes han sido estudiados en forma extensa e individualmente en varias oportunidades por muchas razones. Estos estudios han sido resumidos y son descritos con bastante detalle. Por ejemplo, la preocupación con aguas de inyección tiende a realzar aquellos cationes que tienden a formar sales o compuestos insolubles y que llevan a la obstrucción del sistema, mientras que el agua que se elimina al océano y ríos se analiza fundamentalmente para determinar el contenido de aceite y grasa.

Calcio: los iones son un componente principal de las salmueras de yacimientos petrolíferos. El ion calcio se combina fácilmente con bicarbonatos, carbonatos y sulfatos para formar precipitados insolubles.

Magnesio: los iones se presentan solamente en bajas concentraciones y también forman incrustaciones. Normalmente se encuentran como un componente de la incrustación del carbonato de calcio.

Sodio: es el catión más abundante en las salmueras de yacimientos petrolíferos. Generalmente se halla en concentraciones superiores a 35.000 ppm. El sodio generalmente no presenta problemas en el manejo, pero vuelve el agua no apta para el consumo humano o de animales, y es a menudo fatal para la vida vegetal.

Hierro: naturalmente se halla en concentraciones muy bajas. Su presencia muchas veces indica problemas de corrosión. El hierro también se combina con sulfatos y materias orgánicas para formar un lodo de hierro, y es particularmente susceptible de formar lodos si hay ácidos presentes.

Bario: es uno de los metales pesados, y se puede combinar con los sulfatos para formar sulfato de bario insoluble. Aun en cantidades pequeñas puede causar grandes problemas. El Bario se queda en la superficie por mucho tiempo. Todos los metales pesados tienden a ser muy tóxicos para los seres humanos en cantidades muy pequeñas, y tienden a concentrarse en la población marina.

Cloruros: son casi siempre uno de los componentes principales de la salmuera. El problema principal del manejo de los cloruros es que la corrosividad de la salmuera aumenta drásticamente con el contenido de cloruro. Además, el contenido de cloruro generalmente es demasiado elevado para que el agua sea utilizable como agua potable para los seres humanos o el ganado, y en muchas veces lo suficientemente elevado como para matar la mayor parte de la vegetación.

Carbonatos y bicarbonatos: pueden formar ostras insolubles.

Sulfatos: también forman costras, pero además son la fuente alimenticia para las bacterias reductoras de sulfatos que pueden llevar a la formación de H₂S en el yacimiento.

PH: es una medida de acidez o de alcalinidad. Este es importante en la formación de costras (la tendencia de formar costras disminuye con PH más bajos). Un pH neutro es de 7.0, con un rango entre 6.5 y 7.5 para aguas naturales. Los pH fuera de esta escala conducen a la degradación de la vegetación y a la mortalidad de los peces, aunque se informa que hay especies de peces que sobreviven a pH entre 5 y 8.5.

Contenidos de sólidos en suspensión: es la cantidad de sólidos que pueden separarse por filtrado de un volumen dado, y se usa para estimar la tendencia de taponamiento de los sistemas de inyección. Generalmente se usa un filtro con poros de 0.45μ de diámetro.

Sólidos disueltos totales: es simplemente el residuo de la evaporación, o la suma de los aniones y cationes del análisis.

Contenido de petróleo: es la cantidad de petróleo disperso en el agua producida. Muchas veces se ve como iridiscencia sobre las aguas donde se elimina o derrama, y causa problemas severos. Estos incluyen la toxicidad para los peces, la reducción de la aireación, sabores y olores y la interferencia con las plantas de tratamiento de agua. Si se descarga el agua en la superficie es un problema estético y, a menudo, tóxico para los mamíferos marinos y para las aves. En pozos e inyección puede causar emulsión en la formación.

Aceite Mineral: es un derivado líquido del petróleo generalmente nítido, sin color ni olor. También se llama petrolatum o petrolato líquido. Se obtiene por destilación de petróleo crudo y, desde un punto de vista químico, es parecido a la vaselina. Está compuesto por hidrocarburos de cadena larga y existen diferentes tipos en cuanto a densidad y viscosidad. En función de los hidrocarburos que lo componen, el aceite mineral se puede clasificar en:

Parafínicos: con hidrocarburos no cíclicos

Aromáticos: compuesto por hidrocarburos aromáticos (no confundas nunca aceites minerales aromáticos con aceites esenciales).

Nafténicos: compuesto por hidrocarburos cíclicos no aromáticos.

Hidrocarburos

Al compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono. Según los expertos en la materia, en este compuesto la forma molecular se basa en átomos de carbono enlazados con átomos de hidrógeno. Estas cadenas de átomos de carbono pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas.

Se conoce como hidrocarburo al compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono. Según los expertos en la materia, en este compuesto la forma molecular se basa en átomos de carbono enlazados con átomos de hidrógeno. Estas cadenas de átomos de carbono pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas. Cuando un hidrocarburo es extraído en estado líquido de una formación geológica, recibe el nombre de petróleo. En cambio, el hidrocarburo que se halla naturalmente en estado gaseoso se denomina gas natural.

Clasificación: Cabe resaltar que es posible clasificar los hidrocarburos como alifáticos o aromáticos. Los hidrocarburos alifáticos, por su parte, pueden dividirse en alcanos, alquenos y alquinos de acuerdo a las clases de uniones que vinculan a los átomos de carbono. Los hidrocarburos alifáticos, según la teoría, son aquellos que carecen de anillo aromático. Pueden ser saturados o no saturados. Los saturados son los alcanos (grupo en el cual todos los carbonos poseen dos pares de enlaces simples), mientras que los no saturados (también conocidos con el nombre de insaturados) son los alquenos (que, como mínimo, presentan un enlace doble) y los alquinos (con enlaces triples).

Aguas producidas

El agua producida es aquella agua que se produce junto con el petróleo y el gas. Schlumberger, (2018), la define como término utilizado para describir el agua producida por un pozo que no es un fluido de tratamiento. Las características del agua producida varían y el uso del término, a menudo, implica una composición inexacta o desconocida. Es algo generalmente aceptado que el agua presente dentro de los poros de los yacimientos de lutita no se produce debido a su permeabilidad relativa baja y a que su movilidad sea más baja que la del gas.

Los yacimientos de petróleo y gas tienen capas con agua natural (agua formada) que yace debajo de los hidrocarburos. Mientras el campo petrolero madura, el volumen de agua de formación que una instalación debe procesar, incluso excede al de hidrocarburos. El agua entonces, tiende a convertirse en el fluido producido en mayor cantidad.

Procesos para el tratamiento de efluentes

Deshidratación

La deshidratación de crudos es el proceso mediante el cual se separa el agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje, generalmente igual o inferior al 1 % de agua. Una parte del agua producida por el pozo petrolero, llamada agua libre, se separa fácilmente del crudo por acción de la gravedad, tan pronto como la velocidad de los fluidos es suficientemente baja. La otra parte del agua está íntimamente combinada con el crudo en forma de una emulsión de gotas de agua dispersadas en el aceite, la cual se llama emulsión agua/aceite (W/O).

Flotación

Aguamarket, 2002. Lo define como un método de tratamiento en el que predominan los fenómenos físicos, que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. En este método predominan los fenómenos físicos, para poder emplear la separación de partículas de una fase líquida, es decir la separación de materias de distinto origen. Es una técnica que se utiliza como tratamiento de separación de tres fases en este caso la aplicación del proceso de flotación se genera en las tanquillas API, para separar las gotas de crudo que se encuentran en el agua.

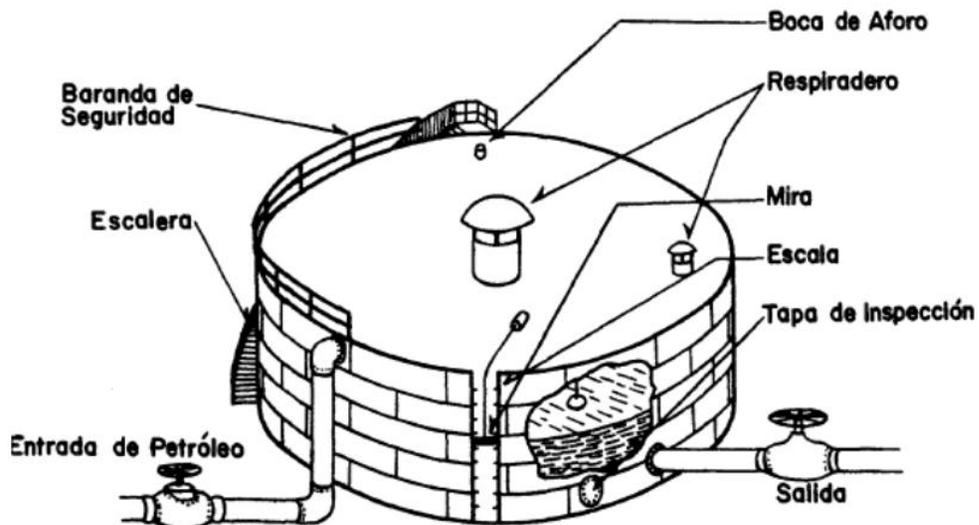
Enfriamiento

El proceso de enfriamiento desarrolla la transferencia de calor de un fluido a otro, siendo el fluido que pierde calor o que se enfría el fluido con temperatura independiente, mientras que el fluido que recibe el calor se llama medio enfriante, generalmente este tipo de proceso se da en torres de enfriamiento.

Equipos usados en el proceso de tratamiento de efluentes

Tanques: Depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas. Los tanques cilíndricos para el almacenamiento de líquidos a temperatura próxima a la presión atmosférica están normalizados según normas API y están fabricados en acero. Según CEPET (2010) hace mención a que “Diariamente en las estaciones de flujo es recibido el crudo producido por los pozos asociados a estas estaciones, este crudo es recolectado en tanques después de haber sido separado del gas y luego en forma inmediata es transferido a los patios de tanques para su tratamiento o despacho siendo utilizados en algunas empresas como tanques de recolección para medición”. En el inicio de tratamiento para efluentes su función es el proceso de deshidratación de crudo, separando el agua del crudo.

Figura N° 1. Partes de un tanque.

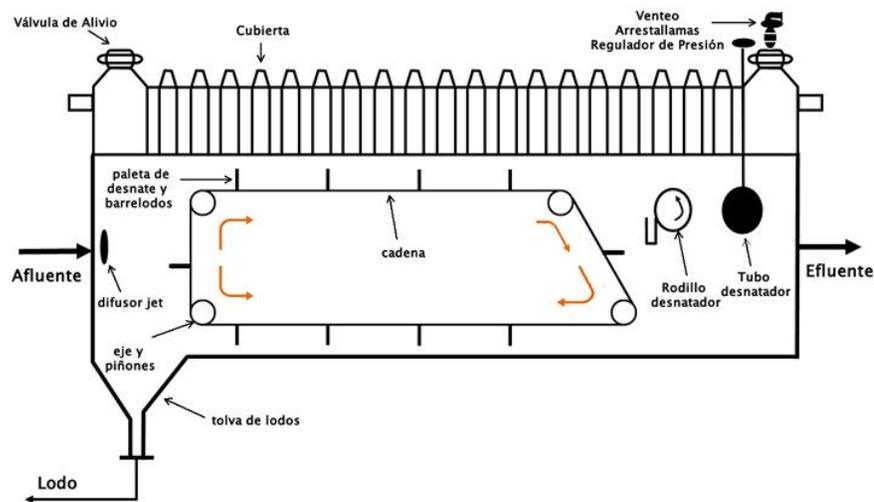


Fuente: CEPET PDVSA, (2010).

Separadores API

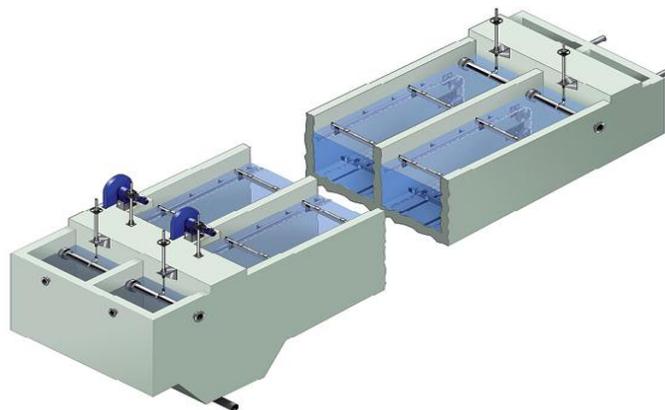
Equipo diseñado para separar grandes cantidades de crudo y sólidos suspendidos provenientes de aguas residuales efluentes. SERTEAGUA, 2013, los separadores API es un separador del aceite de agua que es diseñado por el instituto Americano de Normas Petroleras "API", y es usado extensivamente en refinerías y muchas otras plantas industriales.

Figura N° 2. Separador API



Fuente: Wikimedia, (2018).

Figura N° 3. Separador API Rectangular.



Fuente: Tecniplat, (2018).

Torre de enfriamiento

Es una estructura que está diseñada para quitar la cantidad de calor a una corriente de agua utilizando el proceso de evaporación o conducción.

Figura N° 4. Torre de enfriamiento.



Fuente: González I. (2017).

Laguna de estabilización

Es una forma de piscina, una laguna que está dispuesta para mejorar la temperatura o las condiciones del efluente, tienen un periodo de retención al igual que todos los equipos que se encuentran formando la estación de flujo.

Figura N° 5. Laguna de enfriamiento Estación Sinco D, Barinas.



Fuente: Rivas E. (2017).

Problema ambiental de los efluentes

Los efluentes contienen cantidades de variables de gases disueltos y sales, puede tener también sólidos en suspensión con trazas de metales pesados y hasta radiación. Generalmente las salmueras de yacimientos petrolíferos no son aptas para el consumo humano. Las aguas de formación o aguas producidas al ser evacuadas al medio ambiente sin ser tratadas contaminan suelos y otras fuentes de agua como mares, ríos, lagos, entre otros.

Otras propiedades

PH. Es una medida de acidez o alcalinidad. El valor de pH o potencial de hidrógeno es usado en cálculos de dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y la tendencia a la formación de incrustaciones. Es importante resaltar que la presencia de H₂S y CO₂ disuelto en el agua tienden a disminuir el pH. Un agua es neutra cuando su valor de pH es igual a 7 @ 25°C. La mayoría de las aguas en los campos petroleros presentan un pH que oscila entre 4 y 8.

Cuando el pH es mayor de 7 se dice que el agua es básica y entre más elevado es este valor se tiene una tendencia mayor a la incrustación. Cuando el pH es menor de 7, se dice que el agua es ácida y entre más reducido sea el pH aumenta la posibilidad de corrosión. Los valores extremos de pH ya sean altos o bajos limitan la existencia de vida biológica.

Turbidez: Es una medida del grado de oscuridad el agua. Indica que el agua no es clara por contener material insoluble tal como sólidos suspendidos,

aceite disperso o burbujas de gas. Cuando el agua es muy turbia se puede presentar problemas de taponamiento.

Contenido de sólidos en suspensión. Pueden ser orgánicos e inorgánicos. Por lo general son partículas de óxido metálicos de la corrosión, hierro o manganeso presentes originalmente en el agua. Otros sólidos suspendidos pueden ser los sedimentos, arena, arcilla o cuerpos bacterianos. En la práctica se identifican y se estima su tendencia al taponamiento haciendo uso de un filtro de membrana de 0.45 micras.

Sólidos disueltos: Se consideran aquellos que pasan a través de la membrana de filtración.

Contenido de petróleo. Es la cantidad de petróleo disperso en el agua producida, muchas veces se ve un colorido sobre las aguas donde se elimina o derrama, causando problemas serios. Estos incluyen la toxicidad para los peces, la reducción de la aireación, sabores, olores y la interferencia con las plantas de tratamiento de agua, si se descarga al agua en la superficie es un problema estético y a menudo tóxico para los mamíferos marinos como para las aves. En pozos de inyección puede causar emulsión en la formación.

Los problemas potenciales en el agua producida es que contiene cantidades variables de sales y gases disueltos (CO, CO₂, H₂S) además de que puede haber algunos sólidos en suspensión que pueden contener trazas de metales pesados, posiblemente, niveles excesivos de radiación en el estroncio y el radio. Generalmente, antes del tratamiento, el agua producida contiene niveles demasiado altos de gotitas de petróleo suspendidas u

emulsificadas, el agua producida también puede aparecer relativamente clara y a menudo es difícil distinguirla de otras aguas.

Fenoles: Son compuestos aromáticos presentes en aguas residuales de la industria del petróleo, del carbón, plantas químicas, entre otros. Los fenoles causan problemas de sabores en aguas de consumo tratadas con cloro; en aguas residuales se consideran no biodegradables, pero se ha demostrado que son tolerables concentraciones hasta 500 mg/L. Tienen una alta demanda de oxígeno.

Demanda bioquímica de oxígeno: Es una medida de la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es el parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas de producción, que supone la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos a condiciones de incubación, durante un lapso dado para alcanzar la oxidación biodegradable presente en el agua. Los datos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se utilizan para dimensionar las estaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos de tratamiento, evaluándose a la vez la velocidad a la que se requiera el oxígeno. **Demanda química de oxígeno (DQO):** Corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica y otras sustancias reductoras presentes en el agua. Su valor es más alto que la DBO, pero es correlacionable para un mismo sistema.

Aceites: Los efectos biológicos de los hidrocarburos por sus propiedades físicas generan contaminación física y sofocación, por sus componentes químicos, efectos tóxicos e impregnación. Las aguas aceitosas deterioran la

vegetación, en especial la de los pantanos, manglares ya sea por obstrucción de las raíces o por cambios en el equilibrio de sales.

MORINGA OLEÍFERA LAM

La *Moringa Oleífera* LAM, conocido comúnmente como Marango, pertenece a la familia Moringácea, es una planta nativa del Norte de la India, pero actualmente crece muy bien en los trópicos. En África la introducción data desde hace más de 1.000 años y se encuentra ampliamente distribuida en los países de la costa de África, en Australia, en Arabia y en el Caribe, también ha sido introducida en general en América Latina y Centroamérica donde se conoce con distintos nombres y naturalizada en los años 20 del siglo XX como árbol ornamental, cerca viva y cortina rompevientos (Parrotta J.A. 1993).

Es un árbol de rápido crecimiento y usualmente alcanza de 10 a 12 metros de alto. Se valora por sus frutas, flores, raíces (todas comestibles) y por el aceite de su semilla usado principalmente como tratamiento para purificar las aguas. En Centroamérica se lo conoce como Marango, Paraíso Blanco y se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38 °C, es muy resistente al frío por corto tiempo, pero no menos de 2 a 3 °C. En temperaturas menores de 14 °C no florece y solo se puede reproducir por reproducción vegetativa (estacas). Se localiza desde el nivel del mar hasta 1,800 metros sobre el nivel del mar y se puede plantar en sitios con precipitaciones de 500 a 1,500 mm anuales, no obstante, se desarrolla mejor en la época seca (García M, 2003).

De este género de plantas con numerosas especies, la más conocida es la *Moringa Oleífera*, con cuatro veces más vitamina A que la zanahoria, siete veces más vitamina C que la naranja, cuatro veces más calcio que la leche,

tres veces más potasio que el plátano, 25% de proteínas más que el huevo, los ocho aminoácidos esenciales para el humano y cantidades significativas de hierro, fosforo, magnesio y otros minerales, la hoja de moringa es un alimento completo en sí. Su semilla, madura en vainas, contiene todas las vitaminas del complejo B en grandes cantidades. Estas semillas se componen de 35-40% de aceite comestible, muy similar al del olivo, pero si se dejan secar en su vaina y luego se trituran en polvo, se obtiene una harina con propiedades floculantes, es decir, que aglutina y sedimenta el 90-99% de bacterias y residuos en el agua.

Cada 100 gramos de vaina con semillas contienen 87 gramos de agua, 2.5 gramos de proteínas; 0.1 gramos de grasa, 9 gramos de carbohidratos, fibra 4.8 gramos y 2.0 de cenizas, 3.0 mg de calcio, 110 mg de fosforo, 5.3 mg de hierro, el núcleo de la semilla contiene 38.4 gramos de proteínas cruda y 35% de aceite graso. Las hojas contienen por cada 100 gramos 75 gramos de agua, 6.7 gramos de proteínas, 2 gramos de grasa, 14.3 de carbohidratos, 1 gramo de fibra, 2.3 gramos de ceniza, 440 mg de calcio, 70 mg de fosforo, 7 mg de hierro 11.300 UI de vitamina A, así como también de sustancias estrogénicas, incluyendo el compuesto antitumoral y una pectin esterasa.

A la planta de *Moringa oleífera* se le atribuyen propiedades medicinales, alimenticias, y comerciales. Entre las propiedades y usos estudiados de esta planta se describen los siguientes:

Coagulantes naturales del agua: de las semillas se extrae un floculante natural tipo polielectrolito con función aniónica y catiónica, el cual sirve perfectamente en la purificación de agua potable y para la sedimentación de partículas minerales orgánicas en aguas residuales.

Valor medicinal: con las hojas se pueden realizar infusiones para combatir problemas digestivos y diarreas, así como úlceras estomacales. “Las flores se emplean para tratar problemas respiratorios, también tienen propiedades fungicidas y bactericidas, su característica antibiótica se identifica como Pterygospermin, compuesto bacteriano y fungicida y su descripción química es isotiocianato benzyl de la alfa- RHAMNOSYLOX. Los estudios han demostrado que un extracto hecho de la semilla era igualmente eficaz contra la piel que infectaba el estafilococo áureo de las bacterias como el Neomycin antibiótico” (García 2003).

Valores nutricionales: este cultivo brinda muchos productos valiosos, vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas tostadas, todos muy nutritivos y se consumen en muchas partes del mundo. Las hojas tienen cualidades nutritivas que están entre las mejores de todos los vegetales perennes.

Importancia alimenticia: “los frutos, las semillas, hojas, y tubérculos en estado tierno son consumidos en sopas o tostados como recurso proteico, rico en vitaminas y se consumen hojas tiernas en ensaladas y condimentos.

Importancia comercial: como suplemento proteínico para raciones de ganado vacuno y ovino es un elemento esencial para la alimentación en época seca. El aceite que se extrae de la semilla es muy útil para las industrias de maquinarias finas, pinturas textiles, de pulpas y jugos, cervecera para la sedimentación de la levadura eliminando la turbiedad. Las semillas según el Ingeniero García jefe del departamento de Promoción Forestal de Honduras, contienen un 30-42% de aceite.

Las propiedades de la *Moringa oleífera* fueron descubiertas y utilizadas por primera vez en China por mujeres de escasos recursos, quienes al

buscar agua para beber descubrieron que las semillas de cierto árbol que crecía cerca de sus casas, tenían el don de arrastrar la suciedad del agua hasta el fondo de la vasija donde la almacenaban y que aquel lodo no volvía a la superficie, dejando el agua limpia y clara. “Desde entonces esta planta y sus propiedades se ha dispersado no solo en Asia sino en otras regiones, adaptándose muy bien en los trópicos (Parrotta J.A.1993).

El árbol de *Moringa oleífera* produce semillas con contenidos elevados de proteínas solubles en el agua de bajo peso y carga positiva que actúan como los polímeros sintéticos utilizados industrialmente para el tratamiento del agua (Sutherland, et al, 1999). Al ser agregadas a aguas no tratadas estas proteínas se adhieren a las partículas coloidales con cargas negativas en suspensión, las neutralizan y las aglutinan, favoreciendo su posterior remoción mediante sedimentación o filtración (Ndabigengesere et al 1995).

Según Ndabigengesere et al (1995), los coagulantes derivados de la *Moringa oleífera* ofrecen excelentes ventajas a los coagulantes convencionales tales como $Al_2(SO_4)_3$. La acción de coagulante de la semilla no tiene ninguna influencia en los niveles de p H, la alcalinidad natural del agua no se ve afectada con la coagulación que ejerce la semilla en el agua, la producción de lodo se reduce y se puede convertir en un acondicionador en los suelos al carecer de residuos de metales.

La *Moringa oleífera* es una de las plantas más versátiles que existe en el mundo, se han encontrado estudios acerca del beneficio que esta presenta en el tratamiento de aguas, las semillas en este caso son útiles para esta finalidad; entendiéndose que a ser debidamente procesadas se puede obtener uno de los coagulantes naturales más efectivos que existen por su alto grado de eficiencia en la purificación y depuración de aguas turbias, este floculante-coagulante actúa como cualquier otro; desestabilizando las

partículas suspendidas que están presentes en el agua, provocando así que estas sean capturadas, adhiriéndose unas con otras y permitiendo así una sedimentación gracias a la acción de la gravedad.

Estas propiedades han sido promovidas en proyectos comunitarios para el mejoramiento de la calidad de agua para el consumo en varios países en desarrollo durante los últimos años, incluso en plantas potabilizadoras de Malawi, en el sureste de África, reduciendo la turbidez del agua de 380 UNT hasta 4 UNT (Sutherland et al 1995). Estudios recientes demuestran que la semilla de Moringa Oleífera no solamente reduce la turbidez, sino que también tiene propiedades antimicrobianas y sus resultados en la clarificación son comparados a los de $Al_2(SO_4)_3$ (Ghebremichael et al 1995).

Glosario de Términos:

Absorber: Atraer y retener, respectivamente, un líquido o un gas o vapor.

Adsorción: proceso por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie. Un contaminante soluble (adsorbato) es eliminado del agua mediante el contacto con una superficie sólida (adsorbente).

Campos petroleros: zona con abundancia de pozos de los que se extraen hidrocarburos del subsuelo.

Filtración: proceso físico que hace que un elemento sea dividido en partes de acuerdo a su grosor o tamaño, al pasar un líquido a través de un sólido con gran porosidad.

Producida (refiriéndose al agua de formación): se produce o se explota

junto al hidrocarburo.

Tratamiento de aguas: conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

SISTEMA DE VARIABLES

Hernández, (2003), la definen como la “propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse”, (p.144). Para Sabino (1992), son “característica o casualidad de la realidad que es susceptible de asumir diferentes valores”. A demás, se definen las variables:

- **Variables independientes.** Para Igartua y Humanes (2004), son las que el “investigador utiliza para ver en qué medida cambia la variable dependiente”. *Para nuestra investigación la variable independiente será la Moringa como absorbente de aceites minerales e hidrocarburos en agua de efluente.*
- **Variables dependientes.** Igartua y Humanes (2004), la definen como “aquellas que el investigador pretende investigar y explicar”. Dentro de la indagación la variable dependiente será el agua de efluente.

MAPA DE VARIABLES

Tabla 1. Mapa de Variables.

Objetivos Específicos	Variable	Definición Operacional	Indicadores
Caracterizar la composición físico-química del agua de efluente, determinando los parámetros trazadores, aceites minerales e hidrocarburos, pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos.	Composición físico-química del agua de efluente	Es un mecanismo que permite evaluar y describir los efluentes producidos en la estación de flujo.	<ul style="list-style-type: none"> • Turbiedad • PH • Color • Hierro • Dureza
Analizar las concentraciones de aceites minerales e hidrocarburos presentes en las aguas de efluente a distintas concentraciones de Moringa Oleífera (LAM)	Concentración de aceites minerales e hidrocarburos	Compuestos químicos que está contenido en el agua de efluentes después de pasar por procesos de separación en una estación de flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje • Cantidad
Determinar la eficiencia de remoción de los aceites minerales e hidrocarburos presentes en las aguas de efluentes con la aplicación de Moringa Oleífera (LAM)	Moringa Oleífera (LAM)	Es una propuesta de carácter orgánico, que proporcionan una alternativa viable para complementar el tratamiento de las aguas de efluentes dentro del marco sistemático de la estación, y así minimizar el impacto ambiental originado por los efluentes	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de remoción

Fuente: Correa A. Guerrero Y. 2019.

NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su Capítulo IX De los Derechos Ambientales en sus artículos 127, 129 cita:

Artículo 127: es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Artículo 129: todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. En los contratos que la Republica celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que involucren los recursos naturales, se considerara incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convencidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si este resultara alterado, en los términos que fije la ley.

Del Régimen Socio Económico y la Función del Estado en la Economía:

Artículo 304: Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La Ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

Ley Orgánica de Hidrocarburos, de la República Bolivariana de Venezuela, en su sección sexta, de las obligaciones derivadas de las actividades sobre hidrocarburos en su artículo 19 cita:

Artículo 19: las personas que realicen las actividades a las cuales se refiere esta ley, deberán hacerlo en forma continua y eficiente, conforme a las normas aplicables y a las mejores prácticas científicas y técnicas disponibles sobre seguridad e higiene, protección ambiental y aprovechamiento y uso racional de los hidrocarburos, la conservación de la energía de los mismos y el máximo recobro final de los yacimientos.

Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos en su capítulo II de la clasificación de las aguas, en el artículo 3 cita:

Artículo 3°: Las aguas se clasifican en:

Tipo 1 Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo 1 se desagregan en los siguientes subtipos:

Subtipo 1A Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser

acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Subtipo 1B Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración, y cloración.

Subtipo 1C Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional.

Las aguas del tipo 2 se desagregan en los siguientes subtipos:

Subtipo 2 A: Aguas para el riego de vegetales destinados al consumo humano.

Subtipo 2 B: Aguas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario.

Tipo 3: Aguas marinas o de medios costeros destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo.

Tipo 4: Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia.

Las aguas del tipo 4 se desagregan en los siguientes subtipos.

Subtipo 4 A: Aguas para el contacto humano total.

Subtipo 4 B: Aguas para el contacto humano parcial.

Tipo 5: Aguas destinadas para usos industriales que no requieren de agua potable.

Tipo 6: Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.

Tipo 7: Aguas destinadas al transporte, dispersión y desdoblamiento de poluentes sin que produzca interferencia con el medio ambiente adyacente.

Artículo 4. A los efectos de esta norma, se establecen los siguientes criterios para la clasificación de las aguas, así como los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos a que se destinen.

Las aguas del subtipo 1 A no deberán exceder los siguientes límites:

Tabla 2. Aguas subtipo 1 A.

Parámetros	Límite o rango máximo
Oxígeno disuelto	Mayor de 4.0 mg/l
PH	Mínimo 6.0 y máximo 8.5
Color real	Menor de 150 U Pt-Co
Turbiedad	Menor de 250 UNT
Fluoruros	Menor de 1.7 mg/l
Hierro	Menor de 1.0 mg/l
Dureza	500 mg/l
Sulfatos	400 mg/l
Sólidos disueltos	1500 mg/l

Fuente: Decreto 883. Normas para la clasificación y control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Las aguas del sub tipo 1B son aquellas cuyas características corresponden con los límites y rangos siguientes:

Tabla 3. Aguas sub tipo 1 B

Parámetros	Límites
Oxígeno disuelto	Mayor de 4.0 mg/l
PH	Mínimo de 6.0 y máximo 8.5
Color real	Menor de 150 U Pt-Co
Turbiedad	Menor de 250 UNT
Fluoruros	Menor de 1.7 mg/l

Fuente: Decreto 883. Normas para la clasificación y control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Las aguas del subtipo 1 C son aquellas en las cuales el pH debe estar comprendido entre 3.8 y 10.5.

Las aguas de los subtipos 1 A y 1 B no deberán exceder, además, los siguientes límites:

Tabla 4. Aguas sub tipo 1 A y 1 B.

Elementos	Limites
Aceites minerales	0.3 mg/l
Aluminio	0.2 mg/l
Arsénico	0.05 mg/l
Bario total	1.0 mg/l
Cadmio total	0.01 mg/l
Cianuro total	0.1 mg/l
Cloruros	600 mg/
Cobre total	1.0 mg/l
Cromo total	0.05 mg/l
Dispersantes	1.0 mg/l
Dureza	500 mg/l
Extracto de carbono al cloroformo	0.15 mg/l
Fenoles	0.002 mg/l
Hierro total	1.0 mg/l
Manganeso total	0.1 mg/l
Mercurio total	0.01 mg/l
Nitritos + Nitratos	10.0 mg/l
Plata total	0.05 mg/l
Plomo total	0.05 mg/l
Selenio	0.01 mg/l
Sodio	200 mg/l
Solidos disueltos totales	1500 mg/l
Sulfatos	400 mg/l
Zinc	5.0 mg/l

Fuente: Decreto 883. Normas para la clasificación y control de calidad de los

cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, en su sección III De las descargas a cuerpos de agua.

Artículo 10: a los efectos de este decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos, embalses:

Tabla 5. Rangos máximos de calidad de vertidos líquidos.

Parámetros físicos-químicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites, grasas, vegetales, y animales	20 mg/l
Alkil mercurio	No detectable
Aluminio total	5.0 mg/l
Arsénico total	0.5 mg/l
Bario total	5.0 mg/l
Cadmio total	0.2 mg/l
Cianuro total	0.2 mg/l
Color	500 unidades de Pt/Co
Cobalto total	0.5 mg/l
Cobre total	1.0 mg/l
Cromo total	2.0 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	60 mg/l
Detergentes	2.0 mg/l
Dispersantes	2.0 mg/l
Espuma	Ausentes
Fenoles	0.5 mg/l

Fluoruros	5.0 mg/l
Fosforo total	10 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Manganeso total	2.0 mg/l
Mercurio total	0.01 mg/l
Nitrógeno total	40 mg/l
Nitritos + Nitratos	10 mg/l
PH	6-9
Plata total	0.1 mg/l
Plomo total	0.5 mg/l
Selenio	0.05 mg/l
Solidos flotantes	Ausentes
Solidos suspendidos	80 mg/l
Solido sedimentables	1.0 mg/l
Sulfatos	1000 mg/l
Sulfitos	2.0 mg/l
Sulfuros	0.5 mg/l
Zinc	5.0 mg/l
Biocidas	
Órganos fosforados	0.25 mg/l
Órganos clorados	0.05 mg/l

Fuente: Decreto 883. Normas para la clasificación y control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Ley Orgánica del Ambiente de la República Bolivariana de Venezuela en su capítulo IV de la guardería ambiental en su artículo 100 cita:

Artículo 100: la guardería ambiental será ejercida por los ministerios con competencia en materia de: Ambiente, Industrias Básicas y Minería, Infraestructura, Salud, Agricultura y Tierra, Energía y Petróleo y por Fuerza

Armada Nacional, por órgano de la Guardia Nacional, y por los demás órganos y entes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en el marco de sus competencias. Igualmente ejercerán la guardería ambiental, como órganos auxiliares, las comunidades organizadas, los consejos comunales y demás organizaciones y asociaciones civiles con fines ambientales, de conformidad con la presente ley y demás normativa que regule la materia.

Normativa legal en Seguridad, Higiene y Ambiente SHA. PDVSA SI-S-13.

Obligaciones de PDVSA/ Filiales/ Contratistas/Trabajadores en lo que les sea aplicable. Objeto de la Norma: cumplir con los rangos y límites máximos de calidad de descargas de efluentes líquidos a ríos, lagos y embalses. Cumplir con las condiciones, rangos y límites máximos de calidad de descargas de efluentes líquidos al medio marino-costero. Cumplir con los rangos y límites máximos de calidad de descargas de efluentes líquidos a redes cloacales. Cumplir con las condiciones para descargas o infiltración de efluentes líquidos en el suelo o el subsuelo. Acatar prohibición de uso de sistemas de drenaje de aguas pluviales para la disposición de efluentes líquidos, descarga de desechos sólidos a los cuerpos de aguas y redes cloacales. Dilución de efluentes líquidos con agua limpia para cumplir con los límites establecidos en la norma. Acatar prohibición a los buques de arrojar, en las aguas jurisdiccionales, aguas servidas, hidrocarburos o aguas de lastre o mezcladas con una concentración de hidrocarburos superior a 20 mg/l.

Decreto No.1.400 Normas sobre Regulación y Control del Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y las Cuencas Hidrográficas. Objeto de la Norma: desarrollar las disposiciones sobre recursos hídricos cuencas hidrográficas, mediante el establecimiento de regulaciones relativas a su conservación y racional aprovechamiento. Participar en acciones de conservación de la cuenca de la cual se es

concesionario. Solicitar concesiones cuando se pretenda realizar el aprovechamiento de aguas. Cumplir las condiciones exigidas para suscribir el contrato de concesión de aguas. Cumplir las condiciones para la obtención de concesiones de agua. Cumplir el procedimiento y presentar recaudos para la obtención de concesiones de agua. Cumplir con los planes de calidad de agua y participar en el financiamiento de proyectos y obras que desarrollen dichos planes.

Ley Penal del Ambiente. Gaceta Oficial 4.358. Objeto de la norma: tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establecer las sanciones penales correspondientes. Asimismo, determinar las medidas precautelarias de restitución o reparación a que haya lugar. Conductas o actos para los cuales se establecen sanciones:

1. Acciones que generen o puedan generar degradación, envenenamiento, contaminación o cualquier otro daño a las aguas, en contravención a las normas técnicas.
2. Acciones que generen o puedan generar la degradación, envenenamiento, contaminación o cualquier otro daño al medio lacustre, marino y costero, en contravención a las normas técnicas.
3. Acciones que generen o puedan generar la degradación, alteración, deterioro, contaminación o cualquier otro daño a los suelos, la topografía y el paisaje, en contravención a las normas técnicas.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está fundamentada bajo la orientación del criterio cuantitativo, debido a que se estudiara la efectividad de la semilla de moringa como alternativa natural para disminuir los aceites minerales e hidrocarburos en aguas de efluentes, donde se podrán determinar mediante el análisis los valores de las características físico-químicas del agua antes y después del uso de la solución patrón, siendo esta una posible alternativa para tratar los aceites minerales e hidrocarburos en las estaciones de flujo.

Por los motivos expuestos inicialmente, se puede deducir que la investigación se enmarca en el modelo del paradigma cuantitativo, Palella y Martins, (2004: 38), señalan que “La investigación cuantitativa requiere el uso de instrumentos de medición y comparación que proporcionarán datos cuyo estudio necesita la aplicación de modelos matemáticos y estadísticos”. En este punto usted indica porque su investigación es cuantitativa.

Por consiguiente, dicho estudio está basado en una investigación de campo a escala de laboratorio que según Palella y Martins, (2004:82), “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular ni controlar las variables”, ya que se someterá a la solución patrón a determinados métodos de examinación para observar el comportamiento de las características iniciales del agua de efluentes en diferentes intervalos de concentraciones de la solución, estos procesos químicos son las directrices a seguir para la obtención de los datos

necesarios y comprobar la eficacia del uso de la semilla de moringa para disminuir aceites minerales e hidrocarburos en aguas de efluentes.

METODOLOGÍA

Es preciso indicar que los métodos por la cual se rige el trabajo es una investigación de campo a escala de laboratorio, por lo que el patrón de estudio se inclina hacia la prueba de la moringa como alternativa natural para disminuir los aceites minerales e hidrocarburos en aguas de efluentes. En este orden de ideas, la investigación tiene como propósito principal, establecer la eficiencia de la moringa como alternativa natural para mejorar la calidad del agua de efluentes antes de ser enviadas al ambiente y así evitar contaminación. El análisis tendrá como fundamento comparar los parámetros establecidos en el Decreto 883 de las Normas para el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua, haciendo énfasis en cantidad de aceites minerales e hidrocarburos, solidos suspendidos en las aguas de efluentes.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación (Morlés. 1994 p. 179). La muestra es un subconjunto representativo del universo o población, (Morlés, 1994, p, 54). Teniendo presente las definiciones anteriores la presente investigación tiene como población, agua de efluente proveniente de la estación de flujo Silván, ubicada en la localidad de San Silvestre del estado Barinas, dichos efluentes son producto del proceso de separación del crudo y del agua proveniente de los campos que se encuentran en condición activa de producción. Por otra parte, se realizaron tres tomas de muestra del agua cruda, se emplearon para este fin tres recipientes con un volumen de 5

litros cada uno.

TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES APLICADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En el progreso de este proyecto se alcanzarán a usar técnicas, para lo cual se recopilará información de las etapas de la investigación. Entre una de esas técnicas a usar es la observación y análisis, teniendo en cuenta el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas contaminadas a nivel industrial, donde se toman en cuenta la caracterización del punto de monitoreo, características de esta, preparación de equipos y materiales a usar, precauciones a tener en cuenta, etiquetado, entre otras.

Entre las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleadas para la recopilación de información se fundamentaron en la técnica de revisión documental, debido a que existen muchos documentos como estudios realizados, los cuales han sido analizados para la aplicación de uso de la moringa para el mejoramiento en el tratamiento de las aguas de producción de petróleo generadas en la estación de flujo. Donde se analizaron: documentos PDF, tesis, y páginas de web-site, diapositivas, trabajos especiales de grado, De igual forma se realizó la revisión bibliográfica, que consiste en la recopilación y clasificación de información a fin de determinar si el uso de la moringa mejora los efluentes ya nombrados, y si es factible su aplicación en el tratamiento de las aguas producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento y caracterización de la semilla de Moringa oleífera

Las semillas de Moringa oleífera se recolectaron secas y enteras de

diversos árboles en el Municipio Cruz Paredes del Estado Barinas; Venezuela, donde la especie se reproduce en abundancia; luego las capsulas colectadas, de tamaño uniforme, procedentes de diversas plantas se preservaron y se trasladaron al laboratorio. Posteriormente las semillas se extrajeron de las capsulas y se molieron en un molino tradicional hasta obtener un polvo fino de color blanco amarillento. El polvo de aspecto grasoso se almaceno en frascos para su preservación y posterior uso.

Se caracterizó parcialmente la semilla procesada siguiendo las normas venezolanas para productos de cereales y leguminosas, Humedad (1.553-80). Cenizas (1785-81) y Grasas (1785-81). Normas Covenin 1980 y 1981.

Productos de cereales y leguminosas. Determinación de cenizas

El ensayo consiste en mantener la muestra del material a ensayar en un ambiente oxidante, a temperaturas de 400°C-600°C hasta la combustión completa de toda su materia orgánica, quedando un residuo mineral.

Equipo

Balanza analítica. Con precisión de 0.1 mg.

Mufla eléctrica. Con regulador de temperaturas.

Desecador. Con oxido de calcio recientemente calcinado o cloruro de calcio anhidro.

Materiales

Crisoles de porcelana o de platino.

Preparación de la muestra

El material a ensayar consiste en una muestra de 3 a 5 gramos, molida o preparada según se indique, en la norma COVENIN correspondiente para cada producto en particular.

Procedimiento

En un crisol, previamente secado y tarado, se pesan de 3 a 5 gramos de la muestra, se carboniza y se coloca en la mufla, a una temperatura de 550°C, hasta obtener cenizas de un color gris claro o peso constante, aproximadamente de 16 a 18 horas. Se debe evitar que las cenizas se fundan.

Se saca de la mufla el crisol con la muestra, se transfiere al desecador y se pasa tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.

El ensayo se realiza por duplicado.

Expresión de los resultados

El contenido de cenizas en la muestra se expresa en porcentaje, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} \times 100$$

Dónde:

C= Contenidos de cenizas en la muestra, en porcentaje.

M_0= Masa del crisol vacío, en gramos.

M_1= Masa de crisol con la muestra, en gramos.

M_2= Masa del crisol con las cenizas, en gramos.

Productos de cereales y leguminosas. Determinación de grasa

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el contenido de grasa en productos de cereales y leguminosas, el método consiste en extraer grasa de la muestra deseada, con éter de petróleo o éter etílico. El solvente se elimina por evaporación, luego se seca el residuo y finalmente se determina la grasa.

Equipo

Balanza analítica, con precisión de 0,1 mg.

Estufa, con regulador de temperatura.

Aparato de extracción tipo SOXHLET o similar.

Desecador, con silic-gel, carbonato de calcio o ácido sulfúrico.

Baño María.

Reactivos y materiales

Éter de petróleo o éter etílico, para análisis, punto de ebullición entre 35°C y 60°C y residuo seco no mayor de 0,03 g/100 ml.

Papel de filtración rápida.

Dedal de extracción.

Embudo de vidrio.

Preparación de la muestra

El material a ensayar consiste en una muestra de 2 a 5 gramos molida o preparada según indique en la norma COVENIN correspondiente para cada producto particular.

La muestra debe estar tratada con agua para eliminar las sustancias hidrosolubles, para ello se envuelve en el papel de filtro, se coloca en el embudo y se lava tres veces consecutivas con porciones de 50ml de agua.

Procedimiento

El matraz del aparato de extracción se seca en la estufa a 100°C más o menos durante 1 hora. Al final de este periodo se transfiere al desecador, se deja enfriar hasta temperatura ambiente y se pesa.

La muestra preparada, se transfiere al dedal de extracción y se coloca en la estufa a una temperatura de 130°C durante 2 horas.

El dedal de extracción con la muestra se seca se saca de la estufa, se coloca en el desecador y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

Se coloca el dedal con la muestra en el aparato de extracción y se vierte el solvente (éter de petróleo p éter etílico) en el matraz de extracción.

Se extrae la grasa a reflujo por lo menos durante 5 horas, pudiendo extenderse la operación a 12 horas dependiendo del tipo de producto y del aparato de extracción utilizado.

Transcurrido el tiempo indicado, se saca el dedal con la muestra y se evapora el solvente que contiene el matraz de extracción, usando baño de María.

Se retira el matraz de extracción del baño de María y se coloca en la estufa a una temperatura de 100°C durante 1 hora.

Se retira el matraz de la estufa, se coloca en el desecador hasta temperatura ambiente y se pesa.

Expresión de los resultados

El contenido de grasa en la muestra se expresa en porcentaje y se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$G = (M_2 - M_1) / M \times 100$$

Dónde:

G= Porcentaje de grasa

M₁= Masa del matraz de extracción, previamente desecado, en gramos.

M₂=Masa del matraz de extracción con la grasa obtenida en gramos.

M= Masa de la muestra en gramos.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Formular 3 muestras a diferentes concentraciones de moringa Oleífera (LAM) para determinar la capacidad de absorción de aceites minerales e hidrocarburos.

Para la preparación de las 3 muestras del laboratorio fue necesaria una serie de instrumentos e ingredientes para su formulación como son:

1. 3 vasos precipitados de 600 ml.
2. Balanza digital.
3. Pipeta de 10 ml.
4. 350 ml de agua destilada.
5. Moringa en polvo.
6. Condensado de un pozo de gas del campo Sipororo.

Tabla 6. Cálculos de los gramos de condensados para cada muestra.

Condensado	gramos	Miligramos
Muestra 1	0.3468	346.8
Muestra 2	0.3395	339.5
Muestra 3	0.3494	349.4

Fuente: Correa, Guerrero. 2019.

Tabla 7. Cálculos de los partes por millón (ppm) para cada muestra.

Condensado	Gramos	Miligramos	miligramos/ volumen (litro)	ppm
Muestra 1	0.3468	346.8	346.8/0.35	990.8571
Muestra 2	0.3359	339.5	339.5/0.35	970.000

Muestra 3	0.3494	349.4	349.4/0.35	998.2857
-----------	--------	-------	------------	----------

Fuente: Correa, Guerrero. 2019.

Tabla 8. Cálculos de los gramos de moringa para cada muestra.

Moringa	gramos
Muestra 1	0.1546
Muestra 2	0.3064
Muestra 3	0.6001

Fuente: Correa, Guerrero. 2019.

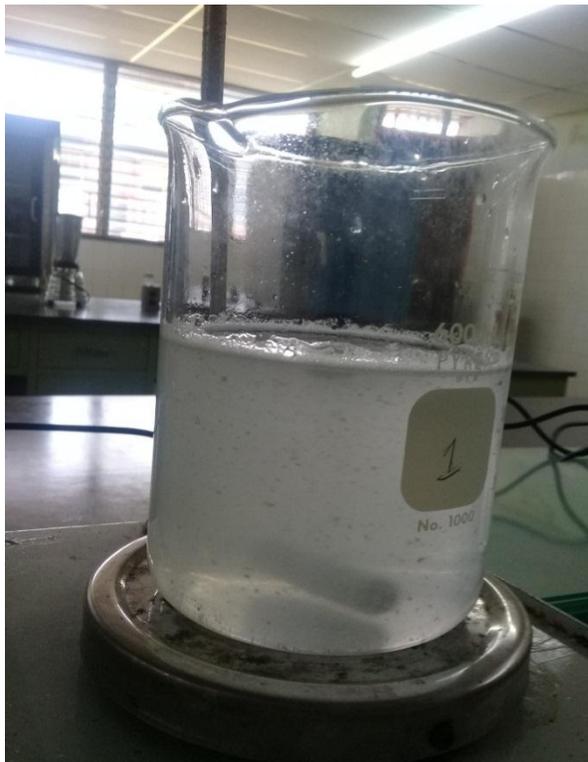
Con lo antes mencionado se logró preparar las 3 muestras de la siguiente manera: se agrega para cada vaso precipitado 350 ml de agua destilada, 0.3 ml de condensado y de moringa se agregó 0.1546 gr, 0.3064 gr, 0.6001 gr para cada uno de los vasos precipitados respectivamente. Con los aditivos en los vasos precipitados se procedió a la agitación en una plancha de agitación térmica para lograr una homogenización de la mezcla y obtener una solución para la muestra 1 de 990.8571 ppm para la segunda muestra de 970 ppm y la tercera muestra de 998.2857 ppm.

Figura 6. Vasos precipitados con agua y condensado.



Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Figura 7. Vasos precipitados con agua, condensado y moringa.



Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Procedimiento aplicar a las muestras para la separación de aceites minerales e hidrocarburos en el laboratorio.

El procedimiento que se aplicó para la separación de los aceites minerales e hidrocarburos de la superficie de la muestra fue: Extracción líquido-líquido, El término extracción se define como la transferencia de una sustancia de una fase a otra. Aunque también se utilizan técnicas de extracción sólido-líquido, la más frecuente es la extracción líquido-líquido, conocida simplemente como extracción, que se lleva a cabo entre dos líquidos inmiscibles utilizando un embudo de decantación. Las dos fases líquidas de una extracción son:

Fase Acuosa: agua o disolución acuosa.

Fase Orgánica: disolución o disolvente orgánico inmiscible con el agua.

Conviene distinguir entre los términos extracción y lavado. Ambos definen la misma operación, aunque se realizan con distinto fin, y la terminología cambia según cuál sea la fase de la que se parte: la extracción se refiere al paso del compuesto orgánico de interés de una fase acuosa a un disolvente orgánico, mientras que el lavado se realiza con una disolución acuosa para retirar de la fase orgánica incompuesto no deseado.

Procedimiento experimental:

Las etapas de que consta un proceso de extracción son las siguientes:

1. Preparación del material.
2. Adición de las fases.
3. Agitación de la mezcla.
4. Separación de las fases.
5. Secado de la fase orgánica.

6. Filtración y eliminación del disolvente.
7. Preparación del material.

La extracción en sí se realiza en un embudo de decantación que debe estar provisto de un tapón y una llave que ajusten y giren perfectamente sin causar pérdidas. El tapón y la boca esmerilada no deben engrasarse nunca. Para evitar que se queden adheridos, deben mantenerse limpios, sin restos de productos orgánicos o inorgánicos.

Figura 7. Montaje experimental para la separación líquido



Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Figura 8. Separación de los líquidos por la diferencia de densidades.



Fuente: Correa, Guerrero. 2019.

Determinar la concentración óptima de moringa para la eliminación de los aceites minerales e hidrocarburos presentes en las aguas de efluentes.

Para determinar la concentración más indicada para la remoción de los aceites minerales e hidrocarburos (condensado) de la superficie del agua en los efluentes se procedió a realizar lo siguiente:

1. Se realizó el pesaje del condensado separado por medio de la separación líquido, dando como resultado lo siguiente:

Tabla N 9. Valor del Condensado no removido de la solución.

	Masa del vaso precipitado con el condensado (gr)	Masa del vaso precipitado vacío (gr)	Condensado restante (gr)
Muestra 1	106.2640	106.1794	0.0870

Muestra 2	92.0615	92.0275	0.0388
Muestra 3	100.7396	100.7115	0.0281

Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Cálculo de la remoción de aceites minerales e hidrocarburos (condensado).

Muestra 1:

$$\frac{0.0870 \text{ gr}}{0.3468 \text{ gr}} * 100 = 25.100 \%$$

Muestra 2:

$$\frac{0.0388 \text{ gr}}{0.3395 \text{ gr}} * 100 = 11.43 \%$$

Muestra 3:

$$\frac{0.0281 \text{ gr}}{0.3494 \text{ gr}} * 100 = 8.00 \%$$

Tabla N 10. Valor del Condensado no removido de la solución.

	Masa del condensado restante (gr)	Masa del condensado inicial (gr)	Condensado no absorbido por la moringa (%)
Muestra 1	0.0870	0.3468	25.1
Muestra 2	0.0388	0.3359	11.43
Muestra 3	0.0281	0.3494	8

Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

De la tabla anterior se puede analizar que el porcentaje de remoción de los aceites minerales e hidrocarburos es la siguiente:

Muestra 1:

$$100 \% - 25.10 \% = 74.90 \%$$

Muestra 2:

$$100\% - 11.43 \% = 88.57 \%$$

Muestra 3:

$$100\% - 8\% = 92 \%$$

Tabla N 11. Valor del Condensado removido de la solución.

Muestra	Porcentaje de condensado removido (%)
1	74.90
2	88.57
3	92.00

Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Según el porcentaje obtenido de extracción de aceites minerales e hidrocarburos de la superficie del agua de la mezcla podemos observar que la moringa posee una gran capacidad de captación de las grasas de la superficie del agua, por lo que se presume una gran utilidad para el tratamiento de las aguas de efluente.

Dentro de la investigación también se logramos realizar una prueba de laboratorio con una muestra de petróleo crudo del campo Borburata del

Distrito Barinas, la cual arrojo muy buenos resultados de remoción de crudo de la superficie del agua. La prueba fue montada de la misma forma que se procedió con el condensado obteniendo los siguientes resultados:

Procedimiento experimental:

1. Se pesó la gota de petróleo (0.0120 gr de petróleo)
2. Se trabajó con 350 ml de agua destilada.
3. Se peso 0.35 gr de moringa.
4. Se calculó las ppm de la solución donde se obtuvo 34.29 ppm.
5. La mezcla se sometió a una agitación de 1 min a alta velocidad y 20 min a baja velocidad en una plancha térmica.
6. Se dejó reposar por 10 min.
7. Se le agregó 10 ml de éter, para lograr una mejor separación liquido-liquido al momento de realizar dicho procedimiento.

Luego de la separación de los líquidos se dejó evaporar todo el éter para pesar el vaso precipitado con la película de crudo en el fondo del mismo, para luego dicho valor ser restado con la masa del vaso vacío y tener el valor de solo la película de petróleo dicho valor es:

Tabla N 12. Masa de la película de crudo

Vaso con la película de crudo	Vaso vacío	Masa de la película de crudo
93.3324 gr	93.3120 gr	0.0112 gr

Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Como conocemos la masa de la gota de petróleo que agregamos a la solución y la masa de película de petróleo podemos saber cuántos gramos de crudo no fueron absorbidos por la moringa.

$$0.0120 \text{ gr} - 0.0112 \text{ gr} = 0.0008 \text{ gr}$$

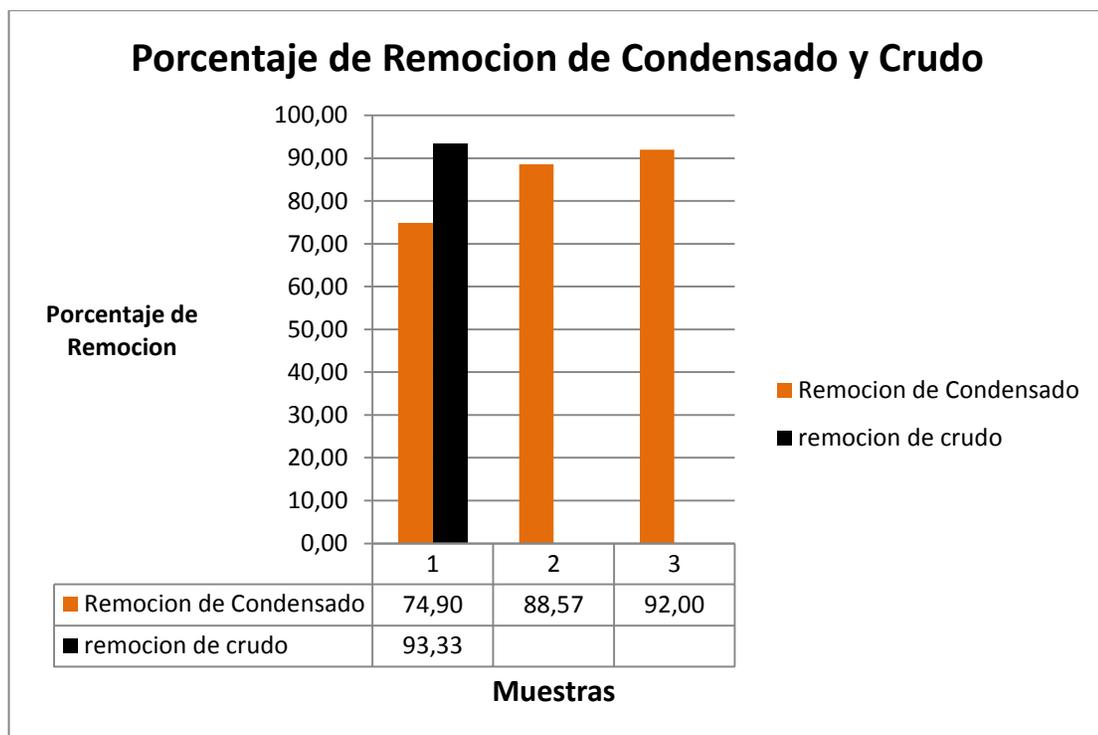
Aplicando la sustracción de los valores obtenemos que la moringa dejo de atrapar un 0.0008 gr de moringa de la solución de agua destilada con crudo. Llevando estos valores a porcentaje podremos entender mejor la remoción del crudo.

$$\frac{0.0008 \text{ gr}}{0.0120 \text{ gr}} * 100 = 6.67 \%$$

Estos 6.67 % fue lo que se quedó en el agua, es decir que no fue absorbido por la moringa, luego se lo restamos al 100 % y se obtendrá la remoción de crudo de la muestra.

$$100 \% - 6.67 \% = 93.33 \%$$

Grafica 1: Porcentaje de remoción de Condensado y Crudo.



Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

El total de remoción es el 93.33 % del crudo que se encontraba en el agua de la muestra, la reducción del crudo concuerda con los resultados obtenidos con las tres muestras realizadas con condensado, con los resultados obtenidos podemos decir que la moringa tiene una gran capacidad de absorber aceites minerales, hidrocarburos y crudo del agua.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se logró realizar las tres muestras a diferentes concentraciones de moringa lo que nos permitieron la determinación de capacidad de absorción de aceites minerales, hidrocarburos y crudos en aguas de efluentes.

Los procedimientos aplicados a cada una de las muestras nos permitieron separar los líquidos agua-condensado, agua-crudo para determinar la cantidad de gramos de condensado y crudo se quedaban en el agua.

Se determinó de manera eficiente la remoción de aceites minerales, hidrocarburos y crudo mediante el uso de moringa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N 13. Porcentaje de Remoción de Condensado y Crudo

Muestra	Porcentaje de condesado y crudo removido (%)
1	74.90
2	88.57
3	92.00
Muestra de crudo	93.33

Fuente: Correa, Guerrero, 2019.

Se puede concluir que la Moringa es capaz de absorber de manera eficiente las cadenas medianas de carbonos en un alto porcentaje según nuestra investigación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas pilotos dentro de una estación de flujo para verificar el campo los resultados obtenidos en laboratorio.

Recomendamos realizar pruebas con aguas de producción que sean suministradas de las estaciones de flujo de la División Boyacá para obtener datos de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerón I, Garzón N. 2015. Evaluación de la semilla de moringa oleífera como Coagulante para el tratamiento de aguas naturales del río Bogotá en su paso por el municipio de Villapinzon, Cundinamarca

Caldera Y, Mendoza I, Briceño L, García J, Fuentes L. 2007. Eficiencia de las Semillas de moringa oleífera como coagulante alternativo en la potabilización del agua.

Fernández C, Gutiérrez M, Salamanca C, Paz J. 2016. Efecto de la semilla de Moringa oleífera en el tratamiento de aguas en el Cauca, Colombia Vol.14 N°2, 100-109.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. (1995).” Normas para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos líquidos”. N°5021. Venezuela.

Palmero J, Lías J. 2017. Efecto de la semilla de moringa oleífera LAM como Coagulante natural, en un agua residual de origen agroindustrial. Vol. 1. N°1:86-96.

Normas COVENIN 1980. 1553-80. Norma Venezolana. Productos cereales y Leguminosas. Determinación de grasas. COVENIN N°1553-80.

Normas COVENIN 1981. 1785-81. Norma Venezolana. Productos cereales y Leguminosas. Determinación de grasas. COVENIN. N° 1785-81.

Manual de métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales.2005. Edición N°20. 1-55.

Arrieta, M. (2005). Estaciones de Flujo. Universidad Nacional de las Fuerzas Armadas.

Fidias, G. Arias. (2012). El proyecto de investigación. EPISTEME.

Laya K y Mejias J, (2018). Procedimientos empleados para el manejo de efluentes. PDVSA división Boyacá, distrito Barinas. Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero de Petróleo, no publicado. Universidad Nacional de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Barinas, Venezuela.