



**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

**Uso de la semilla *Moringa oleífera* (LAM) para el mejoramiento en la
clarificación de aguas de producción.**

Autores:

Gutiérrez Jennifer.

C.I: 22.343272.

Velásquez Miguel

C.I: 20.964.661

Tutor Académico:

Devis Gonzalez.

C.I:16.635.218

Tutor Industrial:

José Lias

C.I:11.186.063

Barinas, Octubre de 2018.



**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 el mejoramiento en la
clarificación de aguas de producción.**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por
el título de: Ingeniero de Petróleo.

AUTORES:

Gutiérrez Jennifer.

C.I: 22.343.272.

Velásquez Miguel.

C.I:20.964.661

Tutor Académico:

Devis Gonzalez.

Barinas, Octubre de 2018.



**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 (a) del Trabajo de Especial de Grado presentado por los ciudadanos, **Jennifer Gutiérrez C.I. 22.343.373, Miguel Velásquez C.I.20.964.661** para optar al título de **Ingeniero de Petróleo**, considero que estos reúnen, 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 04 días del mes de octubre de 2018

Deivis González
Ing. Deivis González
C.I 16.635.218

Tutor (a): Deivis Gonzalez

C.I.: 16.635.218



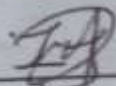
**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**


**Uso de la Semilla *Moringa Oleífera* (LAM) para el mejoramiento en la
clarificación de aguas de producción.**


POR AUTORES:
Gutiérrez Jennifer.
C.I: 22.343.272.
Velásquez Miguel.
C.I: 20.964.661.

Trabajo Especial de Grado aprobado en nombre de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" por el siguiente jurado, a los 04 días del mes de octubre de 2018

2018


Ing. Ítalo Peña
C.I 17.766.536


Msc. Nancy Cadenas
C.I 14.172.565


Ing. Delvis González

DEDICATORIA

Primeramente se la dedico a Dios padre celestial por darme mucha salud para el día a día, a mis padres María Vizcaya y David Velásquez y mis hermanas Gricelidis Velásquez Y Yanibel Velásquez, mis Sobrinos Diego y Fabián, a mis abuelos,tíos y amigos, a mi centro de apoyo Centro Copiado Network y mi jefe Yonni Paredes por darme la gran Bendición y la confianza de seguir estudiando y trabajando, a mi negra y compañera de lucha Jennifer Gutiérrez, a los profesores Deivis, JeanJiménez,María Fonseca, Sharon Escalante y Marjorie Rodríguez a ustedes con honor y con la frente en alto les dedico mis años de estudios agradeciéndoles por poner un granito de arena de cada uno de ustedes para que culminara mi meta académica y así convertirme en un profesional, agradecido de corazón hoy les digo gracias y este gran trabajo que hoy se presenta como tesis de grado se las dedico a ustedes con mucho honor.

Miguel Velásquez.

“Agradecer es un reflejo de la grandeza de tu corazón y de la riqueza de tus sentimientos” por eso en un acto de profunda humildad expreso mi agradecimiento en primera instancia a Dios por su protección, y reiteradas bendiciones, sin ti la oscuridad se apodera de mi ser. Gracias a mi madre, mujer ejemplar que da día a día lo mejor de sí para mi bienestar, sin ti nada de esto fuera posible. Este trabajo es fruto de un esfuerzo incalculable que va dedicado a mis tesoros Adrián y Mathias, mis amores bonitos, fuente de mi inspiración, motivación y fuerza, a mi hermano Roberth eterno niño que me alegra la vida en los momentos inesperados. A mi padre que desde el cielo guías mis pasos en un cada sendero de la vida, desde donde estás espero te sientas orgulloso de mi. Gracias a mi familia, amigos y demás personas que contribuyeron a que esta meta se materializara. A todos infinitas gracias.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado.

Un esfuerzo total es una victoria completa”. Mahatma Gandhi.

Jennifer Gutiérrez

RECONOCIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud al Ingeniero **Deivis Gonzales**, tutor académico y colaborador esencial durante la concepción de este proyecto. “un maestro es una brújula que activa las imágenes de la curiosidad, el conocimiento y la sabiduría en el alumno”. Sus enseñanzas académicas significan un legado imprescindible, un valioso aporte que va a perdurar en el tiempo. Gracias.

Finalmente queremos enaltecer el apoyo incondicional del **MSc José Lías** en conjunto a la Unidad de laboratorios de la UNELLEZ por su aporte invaluable en este proceso de investigación, su dirección, conocimiento, dedicación y colaboración permitieron el desarrollo de nuestro trabajo especial de grado, y sus enseñanzas significan la emancipación de nuestra educación. De corazón infinitas gracias.

ÍNDICE GENERAL

	pp.
LISTA DE TABLAS	
LISTA DE GRÁFICOS	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL Problema.....	2
Planteamiento del Problema.....	4
Objetivos de la Investigación.....	4
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Justificación de la Investigación.....	7
Alcances y Limitaciones	8
Alcances.....	8
Limitaciones.....	9
CAPÍTULO II: Marco Contextual	10
Área de la Investigación.....	11
Antecedentes del Estudio.....	11
Marco Teórico.....	12
Sistema de Variables.....	13
Mapa de Variables.....	14
Normativa y Aspectos Legales.....	15
CAPÍTULO III: Marco Metodológico	16
Tipo de Investigación.....	17
Metodología.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Justificación.....	19
Delimitación.....	19
Naturaleza de la Investigación.....	20
Metodología.....	21
Técnicas, Instrumentos y Materiales aplicados en la recolección de datos.....	22
CAPÍTULO IV: Análisis de los Resultados.....	23
Presentación	23
CAPÍTULO V: Conclusión y Recomendaciones.....	24
Conclusión.....	25
Recomendaciones en el Desarrollo de la Creación Intelectual.....	26
Referencias Bibliográficas.....	27
Anexos	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de flujo del distrito Centro Sur	20
Tabla 2. Mapa de variables	38
Tabla 3. Agua sub tipo 1 A	40
Tabla 4. Agua sub tipo 1 B	40
Tabla 5. Agua sub tipo 1 A y B	42
Tabla 6. Rango máximo de calidad vertidos líquidos	43
Tabla 7. Parámetros de agua cruda captada de la tanquilla API N°2 de la Estación de Flujo Silván	59
Tabla 8. Análisis bromatológico parcial de la semilla de <i>Moringa oleífera</i>	60
Tabla 9. Sólidos determinados a la solución patrón	60
Tabla 10. Valores fisicoquímicos obtenidos. Tratamiento [10 ppm] coagulante	61
Tabla 11. Valores fisicoquímicos obtenidos. Tratamiento [30 ppm] coagulante	62
Tabla 12. Valores fisicoquímicos obtenidos. Tratamiento [50 ppm] coagulante	63
Tabla 13. Valores fisicoquímicos obtenidos. Tratamiento [70 ppm] coagulante	64
Tabla 14. Valores fisicoquímicos obtenidos. Tratamiento [100 ppm] coagulante	65
Tabla 15. Concentraciones de hierro en la muestra tratada [30 ppm] de coagulante	68
Tabla 16. Valores de sólidos presentes en la muestra tratada [30 ppm] de coagulante	69
Tabla 17. Valores de pH, alcalinidad y dureza en la muestra tratada [30 ppm] de coagulante	69
Tabla 18. Valores de color real y aparente en la muestra tratada con [30 ppm] de coagulante	70
Tabla 19. Valores de turbiedad en la muestra tratada [30 ppm] de coagulante	71



**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 el mejoramiento en la
clarificación de aguas de producción.**

TUTOR (Académico): Deivis Gonzalez
Octubre de 2018.

Resumen

Se evaluó el uso de la semilla de *Moringa oleífera* (LAM), para el mejoramiento en la clarificación de las aguas de producción de la estación de flujo Silván. Las muestras de aguas fueron captadas en la tanquilla API N°2 de ésta estación de flujo. El estudio se realizó a escala de laboratorio, para la determinación de parámetros físicos y químicos (Hierro, alcalinidad, dureza, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, color real, color aparente, turbiedad y pH) a partir de una solución patrón de 322 ppm se prepararon soluciones de 10, 30, 50, 70 y 100 ppm como concentraciones utilizadas en las pruebas de jarra. Se obtuvieron valores de disminución en la turbiedad inicial de 189 UNT a un valor mínimo de 27 UNT, y color real de 145 Pt/Co a un valor mínimo de 52 Pt/Co para una concentración de 30 ppm, siendo la más representativa de todos los ensayos realizados, considerada como la dosis óptima del coagulante, representado por un porcentaje de remoción de 14% de turbiedad y 46 % de color real. Los parámetros de alcalinidad, dureza y pH no se vieron afectados por el uso de la solución de moringa, manteniéndose casi inalterable durante todo el desarrollo experimental.

Descriptores o palabras claves: Turbiedad, *Moringa oleífera*, coagulante, clarificación.

Correos: gutierrezcontreras26@gmail.com, miguel.vizcaya.13@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. Conocidas como aguas de producción, estas se originan durante la explotación y el proceso de generación de crudo, y provienen de dos fuentes: agua asociada al yacimiento (agua de formación) y agua o vapor que se inyecta al yacimiento durante los procesos de recuperación secundarios. Dependiendo del yacimiento productor, la cantidad de agua de producción puede representar de 3 a 57% del volumen total de los fluidos producidos y su potencia contaminante está relacionado a factores asociados a la explotación de cada campo, tales como la edad geológica de la formación, tiempo de explotación del yacimiento, técnicas del proceso de recuperación, etc. 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. Es por ello, que procesos como coagulación y floculación son decisivos y de alta relevancia en el proceso de saneamiento de los efluentes.

La clarificación del agua, ha sido siempre considerada una de las etapas más importantes del tratamiento, por tal motivo se le ha dado mucho énfasis a los agentes coagulantes utilizados, ya que sin ellos esta fase fundamental no sería posible. Sin embargo, del amplio rango de coagulantes que pueden ser usados para el tratamiento de las aguas, los más comunes son: sulfato férrico, sulfato de aluminio, y cloruro férrico (Jiang y Lloyd 2002). Vale la pena acotar, que el aluminio residual presentes en las aguas, como resultado del tratamiento con alumbre, está relacionado con la enfermedad de Alzheimer (Stauber et al. 1999), producción de grandes volúmenes de lodo y baja eficiencia en la coagulación.

En función de lo antes señalado, se hace necesario evaluar coagulantes y floculantes más efectivos, menos perjudiciales y ambientalmente inocuos para remover la turbidez de las aguas, con la finalidad de sustituir total o parcialmente las sales de hierro y aluminio y los polímeros orgánicos sintéticos. En este sentido, los coagulantes naturales constituyen una alternativa viable porque son usualmente más seguros para la salud (Caldera, Y. 2007).

Los coagulantes naturales representan una opción factible porque generan beneficios económicos para los países productores, siendo además una alternativa ambientalmente correcta. La semilla de Moringa Oleífera contiene cantidades importantes de aminoácidos polares, con carga neta positiva y negativa, que podrían interactuar con las partículas coloidales responsables de la turbidez y el color durante el proceso de clarificación de las aguas, contribuyendo a su eliminación (Campos et al 2003).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general Evaluar la eficacia de la moringa como coagulante natural para la clarificación de aguas de producción.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El estado Barinas, es un territorio naturalmente privilegiado por las riquezas que posee en el subsuelo (agua y petróleo) ya que se consolida como área productora de crudo desde 1948 hasta nuestros días; y según la red hidrográfica el estado está constituido por numerosos ríos y caños de régimen permanente o estacional considerando sus complejas formaciones geológicas y su comportamiento hidrogeológico, determinado así un número importante de acuíferos en el subsuelo barines. Es por lo anteriormente expuesto que la tasa de producción de agua aumenta en relación con la declinación de la tasa de producción de hidrocarburos.

Las aguas originadas durante la producción de petróleo, presentan una serie de características físico-químicas que varían dependiendo de la localización geográfica del yacimiento, los métodos de extracción y el contacto entre crudo y la formación, siendo estas las característica o compuestos adquiridos un significativo problema al momento de intentar reutilizarlas o descargarlas debido al impacto ambiental que puede ocasionar.

Atendiendo a estas consideraciones, es preciso acotar que el estado Barinas presenta una situación particular de carácter ambiental producto de la descarga de los efluentes líquidos tratados en las estaciones de flujo, los cuales inhabilitan los aguas de los caños receptores restringiendo dichos

caudales para usos agropecuarios por la concentración de cloruros producto de las operaciones de índole petrolero, siendo clasificadas estas aguas como subtipo 1B Y 1C (grado de mediana y alta afectación respectivamente, no aptas para el consumo humano o agropecuario) razón por la cual se estima que la magnitud de impacto ambiental ocasionado por la presencia de estos contaminantes sea ligera (según la clasificación de Pastakia & Jensen 1998), tomando en cuenta que esta condición se intensifica durante la época de lluvias, lo cual produce el desbordamiento de los caños y la inundación de las sabanas. Sobre las bases de las ideas expuestas, cabría preguntarse, ¿cuál es la composición físico-química del agua tratada en la estación de flujo que afecta a los caños receptores? ¿Qué métodos de tratamiento se utilizan en la estación para tratar los efluentes líquidos?, ¿Qué métodos alternativos de carácter natural se pueden aplicar en el proceso de tratamiento?

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el uso de la *Moringa oleífera* (LAM) para el mejoramiento en la clarificación de aguas de producción.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Caracterizar la composición físico-química del agua, determinando los parámetros, pH, alcalinidad, dureza, Hierro, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, turbiedad, color real y aparente, como variables originadas durante el proceso de producción de la estación Silván.
2. Determinar la concentración óptima para evaluar la eficacia de la semilla de *Moringa oleífera* LAM como coagulante alternativo.

3. Sugerir métodos de clarificación natural, utilizando la semilla de *Moringa oleífera* LAM como coagulante alternativo.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estado Barinas cuenta con tres estaciones de flujo y dos sub-estaciones las cuales son las responsables de deshidratar y desgasificar el crudo y el producto de estos procesos es enviado y almacenado en los patios de tanques, además de estos parámetros las estaciones de flujo también cumplen con la responsabilidad del tratamiento de las aguas que son generadas en el proceso de deshidratación antes de ser vertidas al medio ambiente. En los últimos años, se ha evidenciado que la calidad de los efluentes generados en las estaciones de flujo regresan a los caños receptores con características y contenidos que inducen una alteración en la composición del agua en su ambiente natural, las cuales no cumplen con la Normativa Legal Vigente, Decreto número 883 de las Normas de Calidad de los Cuerpos de Agua (República De Venezuela 1995) por lo anterior expuesto, los efluentes líquidos descargados en el caño están restringidos para usos agropecuarios, originando un impacto ambiental considerable.

Las afirmaciones anteriores, conducen la investigación hacia el análisis y la evaluación físico-química de los efluentes producidos en las estaciones de flujo para determinar una estadística cuantitativa de los compuestos que caracterizan el agua, para de esta manera categorizar los elementos en grado de importancia para evaluar en forma general los aspectos que se deben erradicar durante el tratamiento.

Partiendo de esta referencia, es necesario estudiar el ciclo que lleva a cabo la estación, en otras palabras, es preciso explorar los procesos que se llevan a cabo para tratar el agua de producción antes de ser vertida en los

cuerpos receptores, a través de esta información se podrá determinar el déficit que pudiera existir durante un proceso específico, lo cual genera una baja calidad en el producto final del tratamiento lo que impide que se cumpla con las especificaciones de las Normas del Control de Calidad.

De estas evidencias, nacen las bases para sugerir métodos alternativos para el tratamiento del agua en las estaciones, de allí se deduce el objetivo de la presente investigación, el uso de los coagulantes naturales como complemento al tratamiento pertinente. Basados en los antecedentes establecidos se tiene referencia para implementar la semilla de *M. oleifera* como agente encargado del tratamiento del agua de producción, como la turbidez.

A estos elementos anteriormente expuestos se debe anexar el compromiso adquirido por la industria petrolera con las entidades del estado encargadas del resguardo y protección del medio ambiente, para minimizar el margen del potencial contaminante y de los daños producidos por las actividades petroleras. Como complemento a este concepto, es necesario generar proyectos estudios e investigaciones que permitan aportar a la resolución de problemáticas de esta índole que contribuyan a la eficiencia de la industria y aunado a esto contribuir con el saneamiento ambiental, con la conservación del medio ambiente.

ALCANCES Y LIMITACIONES.

ALCANCES

El trabajo de investigación proporciona una alternativa para mejorar el método de tratamiento del agua y las características de la misma dentro del marco operacional de la estación de flujo Silvan, con el objetivo de disminuir

los efectos negativos y el impacto ambiental que se genera por el manejo poco adecuado de los efluentes de producción.

LIMITACIONES

Para lograr el desarrollo del trabajo se presentan un conjunto de variables que limitan el curso de la investigación, dentro de este marco se tiene déficit de equipos para realizar las pruebas, y la disposición del laboratorio de fluidos de PDVSA para avanzar con la investigación respectiva en la estación flujo.

CAPITULO II

MARCO CONTEXTUAL

ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrollara en la estación de flujo Silvan, ubicada en el área operacional del Distrito Barinas, a 24 Km al Sureste de la ciudad de Barinas, y a 5 Km de la carretera Nacional Barinas-San Silvestre, abarcando una superficie de 120.000 m².

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En los últimos años los avances tecnológicos concernientes a las actividades petroleras han marcado el inicio de una nueva era. Sin embargo, a pesar de este desarrollo exponencial, se ha evidenciado una creciente declinación 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 realizar estudios e investigaciones para aportar posibles soluciones a este aumento de problemas de índole ecológico.

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 el laboratorio 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 reporto una turbidez inicial de 1826 UNT. 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.

Ivan Darío Cerón y Nadine Garzón, realizaron una investigación de campo basada en la **Evaluación de la Semilla de *Moringa oleífera* como Coadyudante en el proceso de Coagulación para el tratamiento de Aguas Naturales del Rio Bogotá**, resultados promisorios presentados en el año 2015, donde se pueden apreciar una eficiencia del 91,48% de remoción de turbiedad obtenida por la implementación de la *Moringa oleífera* como coagulante para el tratamiento del agua proveniente del Rio Bogotá en el municipio Villapinzon, disminuyendo la turbiedad inicial del agua de 1.8 UNT a una turbiedad final de 0.15 UNT. Dichos estudios fueron realizados en la Facultad de Ingeniería del Departamento de Ingeniería Ambiental ubicada en Bogotá-Colombia, bajo la metodología de determinación de las propiedades físico-químicas en la aplicación del “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”.

Yaxcelis Caldera, presento la propuesta de utilizar **el quitosano como coagulante durante el proceso de tratamiento del agua de producción de petróleo**. Este importante trabajo se realizó en el **2009** teniendo como locación el laboratorio de investigación ambiental del núcleo de la costa oriental del lago y la facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. Cuyo objetivo fue determinar la eficacia del quitosano en el tratamiento de aguas de producción.

El desarrollo de este proyecto se delimito bajo la influencia de la disminución de la calidad de los efluentes asociados a la extracción de crudo

pesados de los patios de tanques de Ule de la Costa Oriental del Lago, Venezuela. La metodología empleada para la evolución de la efectividad del quitosano, previamente preparado como solución y aplicado en el agua residual, fue un análisis estadístico mediante el programa SPSS Statistical Package for the social Sciences además de un análisis de varianza ANOVA y una prueba a posteriori de Tukey. Teniendo como resultado que el quitosano como coagulante durante el tratamiento de las aguas de producción de petróleo con turbidez inicial de 140 UNT es eficiente para remover la turbidez, color e hidrocarburos, presentándose como una alternativa de tratamiento para las aguas de producción de petróleo.

De la misma manera antecediendo los lineamientos de esta problemática **Yaxcelys Caldera** presenta la propuesta de utilizar **la *Moringa oleífera* como coagulante alternativo en la potabilización del agua**, en el año 2007, teniendo como propósito utilizar evaluar la eficiencia de la semilla de la moringa como coagulante natural en la potabilización aguas sintéticas con valores de turbidez de 75 y 150 UNT. Esta turbidez que le atribuye baja calidad al agua es producto de la presencia de partículas de arcillas en dispersión, de algas o el crecimiento bacteriano, características encontradas en las muestras recolectadas en los tanques de almacenamiento de la planta de tratamiento Pueblo Viejo, el cual es surtido por el embalse Pueblo Viejo ubicado en el parque nacional Burro Viejo, estado Zulia.

Teniendo como resultados de que la moringa oleífera representa una alternativa como coagulante durante la potabilización del agua, teniendo el coagulante mayor eficacia a mayores valores de turbidez inicial y después del proceso de filtración.

MARCO TEÓRICO.

En el estado Barinas las estaciones de flujo se encuentran ubicadas en una extensa llanura, en general bastante plana pero disectada por una baja cantidad de caños o drenajes que localmente producen un relieve suavemente ondulado. Los cuerpos de agua más cercanos y donde son vertidos los efluentes de las estaciones de Sinco D, Silvan y Mingo son: el caño Morrocroy, el caño Jaboncillo, y el caño San Silvestre respectivamente.

Las estaciones de flujo forman parte de PDVSA División Centro- Sur que, a su vez, es una división de petróleos de Venezuela. Los procesos realizados en las estaciones de flujo son: la deshidratación y desgasificación del crudo, y su producto principal es un crudo con un contenido de agua y sedimentos menor a 1%, el cual es enviado y almacenado en los patios de tanques y de allí es enviado a la refinería el Palito para su posterior almacenamiento. Las estaciones de flujo son también las responsables del tratamiento de las aguas que son generadas en el proceso de deshidratación antes de ser vertidas al ambiente.

La División Centro-Sur cuenta con estaciones de flujo en las áreas operaciones Barinas y Apure ubicadas en el estado Barinas y Apure respectivamente. Las estaciones de flujo ubicadas en el área operacional Barinas son: Silvan, Sinco D, y Mingo; en el área operacional Apure se encuentran: Guafita y La Victoria.

En la tabla 1 se muestra la ubicación geográfica exacta de cada una de las estaciones de flujo del distrito Centro-Sur.

Tabla 1.Ubicación geográfica de las estaciones de flujo del distrito Centro-Sur

Estación	Estado	Municipio	Parroquia	Localidad
Silvan	Barinas	Barinas	Torunos	Las Matas
Sinco D	Barinas	Barinas	Torunos	El Toreño
Mingo	Barinas	Barinas	San Silvestre	San Silvestre
Guafita	Apure	Páez	El Amparo	El Amparo
La Victoria	Apure	Páez	La Victoria	La Victoria

Fuente: Informe de pasantías profesionales de Víctor Salas, PDVSA 2007.

Las dimensiones de las estaciones de flujo varían de estación en estación ya que las áreas ocupadas por las estaciones van a depender de la cantidad de fluido que llega a cada estación y de los sistemas de tratamientos de efluentes que se generan en cada una de las estaciones.

Todas estas estaciones se encuentran fuera del perímetro urbano, encontrándose dentro de fincas o hatos, motivos por el cual PDVSA se ha visto obligada a contraer contratos de servidumbre por la utilización de las tierras. La actividad económica desarrollada en las inmediaciones de las estaciones de flujo es básicamente la ganadería extensiva y semi-extensiva. No hay viviendas cercanas y no se conocen lugares o zonas de importancia cultural o natural en los alrededores.

Principales procesos de las estaciones de flujo.

En las estaciones de flujo se realizan básicamente los procesos de **desgasificación, deshidratación, y tratamiento de agua** estos tres procesos no son comunes en todas las estaciones de flujo. El proceso de desgasificación solo se lleva a cabo en las estaciones de flujo donde el contenido de gas en la mezcla proveniente de los pozos es significativo como para proceder a su remoción.

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 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.

En la actualidad en la estación Silván, se realiza un tratamiento al agua de producción, que consiste en una inyección de 5 galones por día de un clarificante de medio acuso, de tipo Policloruro de Aluminio (PCA), entre la descarga de los tanques de lavado y la tanquilla API. Con este tratamiento lo que se busca es romper con las micelas de crudo presentes en el agua que provienen de los tanques de lavado de la estación de flujo Silvan. El sistema de tratamiento que se está implementando es para control de micelas de crudo y no para el control de sólidos suspendidos en el agua.

La tercera etapa la comprende los **sistemas de enfriamiento y decantación**, conformados por las lagunas, las unidades de enfriamiento por cascada, aspersion y torres de enfriamiento.

Las lagunas se utilizan para enfriar el efluente de 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. Generalmente la unidad de enfriamiento por cascada es aplicada a las aguas utilizadas en el enfriamiento de los motores del sistema de bombas de flujo, que son las responsables de bombear el crudo, desde el patio de tanques de almacenamiento, hasta la refinería el Palito, en Puerto Cabello, estado Carabobo. Estas aguas también reciben un tratamiento químico biocida, para evitar la formación de algas o material vegetal vivo en las tuberías o piscinas de enfriamiento. En la estación Silván, este tratamiento no se aplica por las características funcionales propias de la estación.

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 eno, 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 contiene 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 H_2S 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.

Operaciones de coagulación.

Las aguas potables o residuales, en distintas cantidades, contienen material suspendido, sólidos que pueden sedimentar en reposo, o sólidos dispersados que no sedimentan con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no sedimentan pueden ser coloidales. En los coloides, cada partícula se encuentra estabilizada por una serie de cargas de igual signo sobre la superficie, haciendo que se repelen dos partículas vecinas como se repelen dos polos magnéticos. Puesto que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamadas floculo, las partículas no sedimentan. Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides y consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado.

Los términos de coagulación y floculación se utilizan ambos indistintamente en colación con la formación de agregados. Sin embargo, conviene señalar las diferencias conceptuales entre estas dos operaciones. La confusión proviene del hecho de que frecuentemente ambas operaciones se producen de manera simultánea. Para aclarar ideas se definirá coagulación como desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración. Por tanto:

Coagulación: desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos.

Floculación: aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados floculo.

Los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y formación de floculos. Estos floculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y se forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes. Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el crecimiento de iones de carga opuesta al de las partículas. Esto solo se consigue con los iones del coagulante. Existe por otro lado, un potencial de atracción entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Si la distancia que separa a las partículas es superior las partículas no se atraen.

Coloides.

Las especies coloidales halladas en aguas superficiales y residuales incluyen arcillas, sílice, hierro, metales pesados, color o solidos orgánicos como por ejemplo residuos de animales muertos.

Se han postulado diversas teorías para describir el fenómeno de las repulsiones entre las partículas coloidales. Prácticamente, todo lo que se necesita para definir el sistema es la determinación de la naturaleza y la magnitud de la carga de la partícula.

La coagulación se puede presentar a un potencial pequeño sin necesidad de neutralizarlo por completo. Si se añade demasiado coagulante las partículas se cargan ahora con el signo contrario y pueden volver a disiparse.

Una vez que se ha añadido el coagulante y se ha realizado la operación de coagulación se pasa a la formación de floculos mayores. Puede ocurrir

que el floculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo suficientemente grande como para asentarse con la rapidez deseada. Por ello es conveniente utilizar productos coadyudantes de la floculación o simplemente denominados floculantes.

Un floculante reúne partículas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es estimulada por un mezclado lento que junta poco a poco los floculos. Un mezclado demasiado intenso los rompe y rara vez se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. Una buena floculación favorece el manejo del lodo final para su desecación, filtrado, etc.

Coagulantes y floculantes más comunes.

Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de Hierro y Aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de sólidos suspendidos y materia orgánica y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes y floculantes al mismo tiempo, forman especies hidratadas complejas cargadas positivamente.

Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si este no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe o Al y generar problemas. Los más utilizados:

Sulfato de Alúmina: conocido como alumbre, es un coagulante efectivo en intervalos de pH 6 a 8. Produce un floculo pequeño y esponjoso por lo que no se usa en precipitación previa de aguas residuales por la alta carga contaminante del agua. Sin embargo, su uso está generalizado en el tratamiento de agua potable y en la reducción de coloides orgánicos y fósforos.

Sulfato férrico: funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, uno de los más amplios conocidos. Producen floculos grandes y densos

que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la coprecipitación de las aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en el tratamiento de aguas potables aunque en algún caso puede producir problemas de coloración.

Cloruro férrico: es similar al anterior aunque su aplicación es muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas.

Aluminato sódico: se emplea poco. Su uso más habitual es eliminar el color a pH bajo. Además se puede usar en el ablandamiento de agua con cal.

Coadyuvantes de la floculación.

Las dificultades que pueden presentar algunos coloides desestabilizados para formar floculos pesados que sedimentan bien han dado lugar a la búsqueda de sustancias que ayudan a la formación de estos floculos.

Entre las dificultades que se pueden presentar en un proceso de floculación están:

- Formación de floculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de floculos.
- Floculos frágiles que fragmentan en los procesos de acondicionamiento del lodo.
- Formación de microfloculos que pasan por filtros.

Para eliminar estas dificultades y lograr floculos grandes y bien formados de fácil sedimentación se han utilizado sustancias y procedimientos muy variados. Los más usados son:

Oxidantes: como la precloración, que en parte oxida la materia orgánica y rompe enlaces en los coloides naturales, ayudando a una mejor floculación posterior.

Adsorbentes: las aguas muy coloreadas y de baja mineralización en que los floculos de aluminio o hierro tienen muy poca densidad, coagulan muy bien al añadir arcilla que da lugar a que se adsorba y origine floculos pesados de fácil sedimentación. Otros adsorbentes son la caliza, sílice en polvo y carbón activo.

Sílice activa: algunos compuestos inorgánicos pueden ser polimerizados en aguas para formar polímeros floculantes inorgánicos. Este es el caso de la sílice activa que presenta una alta efectividad como auxiliar del tratamiento con alumbre.

Polielectrolitos.

Son polímeros orgánicos con carga eléctrica. Inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Hoy se usan una gran variedad de polielectrolitos sintéticos. Pueden actuar solos o como coadyudantes para floculación.

Los polielectrolitos pueden clasificarse en:

- Catiónicos: cargados positivamente.
- Aniónicos: cargados negativamente.
- No iónicos: no son polielectrolitos en sentido estricto aunque exhiben en disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores.

***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 futas, 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, fósforo, 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 y alimenticias. Entre las propiedades y usos estudiados de esta planta se describen los siguientes:

1. **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.

2. **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).

3. **Valores nutricionales:** este cultivo brinda muchos productos valiosos, vainas verdes, las hojas, las flores y as 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.

4. **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.

5. **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, tenía 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 en 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 coagulante de la semilla no tiene ninguna influencia en los niveles de pH, 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 anti-microbianas y sus resultados en la clarificación son comparados a los de $Al_2(SO_4)_3$ (Ghebremichael et al 1995).

SISTEMA DE VARIABLES.

Según Márquez (2008) la variable independiente, también conocida como variable manipulada, se encuentra en el centro de cualquier diseño experimental cuantitativo. Este es el factor manipulado por el investigador y produce uno o más resultados, conocidos como variables dependientes. En tal sentido, las variables que presentan en el presente trabajo, se pueden describir de la siguiente manera:

Variable independiente: moringa como coagulante natural.

Variable dependiente: tratamiento de aguas de producción.

MAPA DE VARIABLES.

Tabla 2. Mapa de Variables.

Objetivo General: Evaluar el uso de la *Moringa Oleífera* (LAM) para el mejoramiento en la clarificación de aguas de producción

Objetivos Específicos	Variable	Definición Operacional
1. Caracterizar la composición físico-química del agua determinando pH, alcalinidad, dureza, hierro, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, turbiedad, color real y aparente como variables originadas durante el proceso de producción de la estación Silvan.	Composición físico-química del agua de producción.	Es un mecanismo que permite evaluar y describir los efluentes producidos en la estación de flujo.
2. Determinar la concentración óptima para evaluar la eficacia de la moringa como coagulante alternativo.	Pruebas de laboratorio	Conjuntos de métodos o ensayos capaces de determinar el rango de efectividad del coagulante alternativo.
3. Sugerir métodos de clarificación natural, utilizando la moringa como coagulante alternativo.	Moringa	Es una propuesta de carácter orgánico, que proporcionan una alternativa viable para complementar el tratamiento de las aguas de producción dentro del marco sistemático de la estación, y así minimizar el impacto ambiental originado por los efluentes

Fuente: Gutiérrez J, Velásquez M (2018).

NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES.

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 sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo 1 se desagregan en los siguientes sub-tipos:

Sub-tipo 1A Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

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

Sub-tipo 1C Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de

potabilización no convencional.

Las aguas del tipo 2 se desagregan en los siguientes sub-tipos:

Sub-tipo 2 A: Aguas para el riego de vegetales destinados al consumo humano.

Sub-tipo 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.

Sub-tipo 4 A: Aguas para el contacto humano total.

Sub-tipo 4B: 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 sub-tipo 1 A no deberán exceder los siguientes límites:

Tabla 3. Aguas sub-tipo 1 A.

Parámetros	Limite 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 4. Aguas sub tipo 1 B

Parámetros	Limites
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 sub-tipo 1 C son aquellas en las cuales el pH debe estar comprendido entre 3.8 y 10.5.

Las aguas de los sub-tipos 1 A y 1 B no deberán exceder, además, los

siguientes límites:

Tabla 5. 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 6. 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	
Órgano fosforados	0.25 mg/l
Órgano 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.

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 República 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.

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 Hídricas 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.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación está fundamentado bajo la orientación del criterio cuantitativo, debido a que la efectividad de la semilla de moringa como coagulante natural alternativo para clarificar el agua de producciónse podrá determinar mediante el análisis de valores obtenidos que permitirán determinar las características físico-químicasdel agua antes y después del uso de la solución patrón,siendo esta una posible alternativa para sustituir los coagulantes sintéticos, los cuales según **Stuber (2000)** algunos de estos tratamientos complementarios con coagulantes inorgánicos están relacionados con enfermedades como el Alzheimer.

Por los motivos antes expuestos, se puede deducir que el marco de esta investigación es de carácter experimental, ya que se pretende someter a la solución coagulantea determinados métodos de examinación para observar el comportamiento de las características iniciales del agua de producción en diferentes intervalos de concentraciones de la solución madre, siendo estas una metodología que se aplica sobre un tema poco conocido o estudiado;en otras palabras, 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 eliminar los elementos que alteran la pureza del agua.

METODOLOGÍA

Es preciso indicar que los métodos por la cual se rige el presente trabajo es una investigación de campo, por lo que el patrón de estudio se inclina hacia la prueba de la moringa como coagulante natural para el mejoramiento del tratamiento de aguas de producción de petróleo. En este orden de ideas, la investigación tiene como propósito principal, establecer la certeza de la eficiencia de la moringa como alternativa natural para mejorar la calidad del tratamiento de clarificación agua de producción producidas en la estación de flujo Silvan, evaluando los parámetros elementales para categorizar la pureza del agua antes de ser vertida en los efluentes receptores en el medio ambiente.

En el proceso previo de preparación de la solución patrón del coagulante, es necesario someter las semillas de moringa a una caracterización parcial, para conocer sus parámetros en cuanto a la humedad, cenizas con grasas y aceites y cenizas sin grasas y aceites, para estimar la cantidad de material disuelto que va a actuar en la solución. Posterior a ello, se procederá a analizar los componentes físicos y químicos (hierro, turbiedad, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, alcalinidad, dureza, pH, sulfatos, color real y aparente) del agua de producción para establecer una referencia antes y después del uso de la solución madre, siendo necesario la aplicación de métodos estandarizados de examinación de agua y agua residual. 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 la turbiedad, sólidos suspendidos, y color real, siendo estos elementos que están estrictamente relaciones con la clarificación de los 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). Tomando en cuenta las anteriores definiciones la presente investigación tiene como población, los efluentes de la tanquilla API 2 de la estación de flujo Silvan, 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.

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.

Equipos.

Balanza analítica. Con precisión de 0.1 mg.

Mufla eléctrica. Con regulador de temperaturas.

Materiales.

- Crisoles de porcelana o de platino.
- Desecador. Con óxido de calcio recientemente calcinado o cloruro de calcio anhidro.

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 silica-gel, carbonato de calcio o ácido sulfúrico.

Baño María.

Reactivos y materiales.

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

$$G = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

Dónde:

G= Porcentaje de grasa

M_1 = Masa del matraz de extracción, previamente desecado, en gramos.

M_2 =Masa del matraz de extracción con la grasa obtenida en gramos.

M= Masa de la muestra en gramos.

Métodos para la examinación de aguas y aguas residuales.

Método colorimétrico. Determinación de Alcalinidad. DR 5000 y DR 2010. Metodología HACH adaptada al método estándar.

- Tomar 100 ML de la muestra en un Erlenmayer de 250 ml.
- Agregar un sobre de Fenolftaleína si es básico.
- Si no es Básico se le agrega un sobre de **Verde Bromo Cresol**.
- Titular con **H_2SO_4 (1.6 N)**

Método colorimétrico. Determinación de Color Verdadero y Aparente. Color verdadero (2120-B). Metodología HACH adaptada al método estándar internacional.

- Filtrar agua desionizada (50 ml aproximadamente) para curar el envase quitasato y luego desecarla.
- Filtrar otros 50 ml y colocar 25 ml en el envase de la misma medida que va a funcionar como blanco en el espectrofotómetro.

- Introducir en el programa **120 enter**.
- Girar el dial a **455 nm**, la pantalla mostrara **Units Pt Co AphA**.
- Filtrar la muestra (50 ml aproximadamente) y colocar 25 ml en el envase de la misma medida del espectrofotómetro. (utilizar filtro n° 5)
- Introducir el Blanco. Presionar **Zero**.
- Colocar la celda, oprimir **READy** leer.

Color aparente (2120-C).

- Efectuar el mismo procedimiento con la diferencia de no filtrar el agua ni la muestra.

Método colorimétrico. Determinación de Dureza. Titulador digital.

- Tomar 100 ml de la muestra en un beaker.
- Añadir 1 ml de Solución Amortiguadora para dureza **HARDNESS 1**.
- Añadir un sobre de **MANVER 2**.
- Titular con **EDTA 0,800 (Etilen diaminotetraacetico)**
- El resultado será la dureza total.

Método colorimétrico. Determinación de Hierro. (3500-Fe-B).

Metodología HACH adaptada al método estándar.

- Sumergir la ampolla para Hierro en la muestra.
- Marcar el programa **267 Enter**.
- Girar el dial a **510 nm**.
- Invertir varias veces la ampolla y esperar 3 minutos de reacción.
- Introducir el blanco (la muestra sin reactivo). Presionar **Zero**.
- Colocar la ampolla, oprimir **READ** y leer.

Método colorimétrico. Determinación de sólidos totales. Metodología HACH adaptada al método estándar.

Procedimiento simple:

- Pesar la capsula con la cantidad de muestra a analizar.
- Evaporar a 130 °C por 60 minutos.
- Enfriar en desecador.
- Pesar.

Procedimiento completo:

- Colocar las capsulas en la mufla por lo menos 20 minutos a 550 °C +/- 50.
- Pasarlas a una estufa a 130 ° a 105 ° por 20 minutos.
- Secar y enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador.
- Pesar las capsulas y anotar los resultados.
- Repita el ciclo hasta que no haya una variación en el peso mayor a 0.5 mg (peso G)
- Sacar las muestras del refrigerador y dejarlas a temperatura ambiente y agitarlas para homogenización.
- Tomar 100 ml y transferirlo a la capsula.
- Llevar a sequedad o evaporación en la estufa entre 103° y 105°8 2 horas).
- Pesar y aplicar la formula.

$$\text{S.T mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ml de la muestra}}$$

A= Peso de la capsula + residuo.

B= Peso de la capsula limpia.

1000 = Constante.

Método colorimétrico. Determinación de Solidos Suspendidos (2540-C). Metodología HACH adaptada al método estándar internacional.

- Ingresar programa **630 Enter**.
- Girar el dial a **810 nm**.
- Licuar 500 ml de la muestra durante 2 minutos a alta velocidad.
- Transferir la muestra a un vaso de 600 ml.
- Colocar 25 ml de la muestra en la celda de 25 ml del espectrofotómetro.
- Colocar el blanco con agua desionizada en el aparato y marcar **Zero**.
- Luego agitar de forma circular la celda con la muestra para que salga los gases.
- Colocar la celda en el aparato, oprimir **READ** y leer.

Método colorimétrico. Determinación de Sulfatos. (4500 $So_4^{-2}B$). Metodología estándar adaptada al método HACH.

- Sumergir la ampolla para Sulfato en la muestra.
- Marcar el programa **685 Enter**.
- Girar el dial a **450 nm**.
- Invertir la ampolla varias veces.
- Presionar **SHIFT TIMER**. Habrá un periodo de reacción de 5 minutos.
- Introducir el blanco (muestra sin reactivo).
- Colocar la ampolla con la muestra, oprimir **READ** y leer.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Caracterización la composición físico-química del agua, determinando los parámetros, pH, alcalinidad, dureza, Hierro, solidos suspendidos, solidos disueltos, turbiedad, color real y aparente, como variables originadas durante el proceso de producción de la estación Silvan.

Se procedió a realizar la toma de muestras en la estación Silvan del estado Barinas, en la tanquilla API número 2 de dicha locación. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Análisis de Calidad de Agua de la UNELLEZ-Barinas, lugar destinado para la examinación del agua y preparación de la solución coagulante. El procedimiento inicial, se basó en caracterizar las muestras de agua cruda determinando los parámetros pH, alcalinidad, dureza, sulfatos, hierro, solidos suspendidos, solidos disueltos totales, turbiedad, color real y color aparente, siguiendo los procedimientos establecidos en el Manual de métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales, edición N° 20. De esta manera se tabularon los valores de referencia a compararse una vez se aplicara la solución del coagulante, valores que deben estar dentro de los límites máximos permisibles de las Normas para el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Los resultados de la caracterización del agua de producción cruda, proveniente de las tanquillas API de la estación de flujo Silvan, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Parámetros del agua cruda tomada de la tanquilla API N°2 de la estación de flujo Silvan, PDVSA División Boyacá.

Parámetro	Unidades de expresión	Valor de la muestra
Hierro total	mg/l	0,26
Sulfatos	mg/l	43
Solidos suspendidos	mg/l	61
Color real	Pt/Co	145
Color aparente	Pt/Co	246
Turbiedad	UNT	189
Alcalinidad	mg/l	330
Dureza	mg/l	420
p H	-----	6,85
Solidos disueltos	mg/l	4200

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018

Determinar la concentración óptima para evaluar la eficacia de la moringa como coagulante alternativo.

Una vez culminado el proceso de caracterización del agua cruda, se dio paso al proceso de evaluación de la eficiencia de la semilla de la moringa como coagulante alternativo, la cual tuvo como punto de partida la caracterización parcial de la semilla para conocer el reporte de las propiedades tales como humedad, cenizas con grasas y aceites, cenizas sin grasa y aceites. Los valores obtenidos para las grasas y aceites fueron similares a los reportados por Folkard y Sutherland (1996) y Mendoza et al. (2000), quienes reportaron que las semillas de *Moringa oleífera* poseían un

40% de su peso en grasas y aceites, los cuales no poseen propiedades coagulantes y dejan residuos en el agua tratada.

Tabla 8. Análisis bromatológico parcial de la semilla *Moringa oleífera*.

Parámetros	Porcentaje (%)
humedad	6,55
Grasas y Aceites	41
Cenizas con grasa y aceite	5,80
Cenizas sin grasa y aceite	5,35

Fuente: Gutiérrez y Velásquez 2018.

Realizada esta caracterización, se procede a la preparación de la solución madre de coagulante, pesando 10 gramos de polvo de semillas de *Moringa oleífera* previamente desgrasado por extracción continua con éter de petróleo por reflujo continuo en un sistema soxhlet (Norma Covenin 1785-81), mezclándose esta con 800 mL de H₂O destilada en un balón de 1000 mL, con agitación vigorosa por dos horas manteniendo una temperatura de 35 °C, para luego completar al aforo con agua destilada. La concentración de la solución patrón obtenida fue de 322 ppm, los cuales fueron determinados a través de los sólidos disueltos presentes en la misma. El pH que presentó la solución patrón fue de 5,35. Con la finalidad de determinar la cantidad real de materia que actuó como agente coagulante, se determinaron la cantidad de sólidos a la solución madre. Resultados que se reflejan a continuación:

Tabla 9. Sólidos determinados a la solución patrón.

Tipos de sólidos	Muestra de 322 ppm
Sólidos suspendidos totales	3800 mg/l
Sólidos disueltos totales	8962 mg/l

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018

Las concentraciones de la solución de semilla de moringa seleccionadas como coagulante, para el análisis de las muestras de aguas están en el siguiente intervalo 5, 10, 30, 50, 80, 100 mg/l, dicho intervalo fue seleccionado basados en la revisión bibliográfica de referencia (Jhonny Palmero, José Lías. Efecto de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) LAM como coagulante natural, en un agua residual de origen agroindustrial). La evaluación de las concentraciones antes mencionadas, se llevaron a cabo utilizando un equipo de agitación magnética; para cada dosis de concentración se agregó 1 L de agua cruda (proveniente de la tanquilla API de la estación Silvan) en vasos de 1000 ml, posteriormente se agregó la cantidad de solución de coagulante previamente deducida, y se inicia el mezclado rápido por 1 minuto, y para finalizar se procedió a un mezclado lento por 20 minutos. Es necesario resaltar, que una vez culminado el ensayo se analizan los parámetros fisicoquímicos de cada concentración. Los cálculos pertinentes para realizar las diluciones de las concentraciones y el resultado del análisis de la prueba se muestran a continuación.

Concentración de 10 ppm.

$$V_1 \times C_1 = V_{\text{sol}} \times C$$

$$V_1 = ?$$

$$C_1 = 322 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{SOL}} = 1000 \text{ ml.}$$

$$C = 10 \text{ ppm.}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ ml} \times 10 \text{ ppm}}{322 \text{ ppm}} = 31 \text{ ml.}$$

Tabla 10. Valores fisicoquímicos del agua de producción .Concentración de 10 ppm.

Parámetros	Resultados de la prueba
Hierro	
Solidos suspendidos	34 mg/l
Solidos disueltos	2.34 g/l
Color real	56 Pt/Co
Color aparente	173 Pt/ Co
Turbiedad	41 UNT
Dureza	310 mg/l
PH	7,04
Alcalinidad	280 mg/l

Fuente: Gutiérrez, Velasquez 2018

Concentración de 30 ppm.

$$V_2 \times C_2 = V_{sol} \times C$$

$$V_2 = ?$$

$$C_2 = 322 \text{ ppm}$$

$$V_{sol} = 1000 \text{ ml.}$$

$$C = 30 \text{ ppm.}$$

$$V_2 = \frac{1000 \text{ ml} \times 30 \text{ ppm}}{322 \text{ ppm}} = 93 \text{ ml.}$$

Tabla 11. Valores fisicoquímicos del agua de producción .Concentración de 30 ppm.

Parámetros	Resultados de la prueba
Hierro	0,08 mg/l
Solidos suspendidos	28 mg/l
Solidos disueltos	2,34 g/l

Color real	52 Pt/Co
Color aparente	140 Pt/Co
Turbiedad	27 UNT
Dureza	320 mg/l
PH	6,81
Alcalinidad	305 mg/l

Fuente: Gutiérrez y Velásquez 2018.

Concentración de 50 ppm.

$$V_3 \times C_3 = V_{\text{sol}} \times C$$

$$V_3 = ?$$

$$C_3 = 322 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{sol}} = 1000 \text{ ml.}$$

$$C = 50 \text{ ppm.}$$

$$V_3 = \frac{1000 \text{ ml} \times 50 \text{ ppm}}{322 \text{ ppm}} = 155 \text{ ml}$$

Tabla 12. Valores fisicoquímicos del agua de producción .Concentración de 50 ppm.

Parámetros	Resultados de la prueba
Hierro	0,15 mg/l
Solidos suspendidos	31 mg/l
Solidos disueltos	2,18 g/l
Color real	114 Pt/Co
Color aparente	181 Pt/Co
Turbiedad	51 UNT
Dureza	322 mg/l
PH	7,19

Alcalinidad	290 mg/l
-------------	----------

Fuente: Gutiérrez y Velásquez 2018

Concentración de 70 ppm.

$$V_4 \times C_4 = V_{\text{sol}} \times C$$

$$V_4 = ?$$

$$C_4 = 322 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{sol}} = 1000 \text{ ml.}$$

$$C = 70 \text{ ppm.}$$

$$V_4 = \frac{1000 \text{ ml} \times 70 \text{ ppm}}{322 \text{ ppm}} = 217 \text{ ml.}$$

Tabla 13. Valores fisicoquímicos del agua de producción .Concentración de 70 ppm.

Parámetros	Resultados de la prueba
Hierro	
Solidos suspendidos	38 mg/l
Solidos disueltos	2,15 g/l
Color real	146 Pt/Co
Color aparente	255 Pt/Co
Turbiedad	50 UNT
Dureza	324 mg/l
PH	6,95
Alcalinidad	310 mg/l

Fuente: Gutiérrez y Velásquez 2018

Concentración de 70 ppm.

$$V_5 \times V_5 = V_{\text{sol}} \times C$$

$$V_5 = ?$$

$$C_5 = 322 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{SOL}} = 1000 \text{ ml.}$$

$$C = 100 \text{ ppm.}$$

$$V_5 = \frac{1000 \text{ ml} \times 100 \text{ ppm}}{322 \text{ ppm}} = 311 \text{ ml.}$$

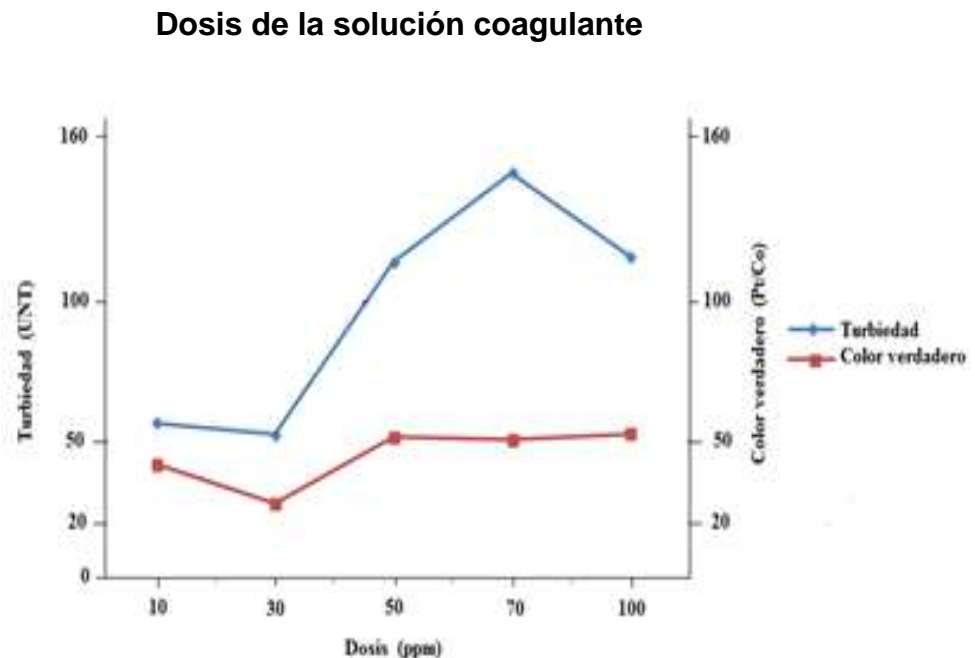
Tabla 14. Valores fisicoquímicos del agua de producción .Concentración de 100 ppm.

Parámetros	Resultados de la prueba
Hierro	0,12 mg/l
Solidos suspendidos	47 mg/l
Solidos disueltos	2,17 g/l
Color real	116 Pt/Co
Color aparente	247 Pt/Co
Turbiedad	52 UNT
Dureza	327 mg/l
PH	6,90
Alcalinidad	315

Fuente: Gutiérrez y Velásquez 2018

Obtenidos los parámetros físicos y químicos del agua de producción con cada dosis de coagulante, producto del primer ensayo exploratorio, se procede a evaluar la efectividad de la solución de coagulante de *Moringa oleífera* en el intervalo de concentraciones antes descritas (10, 30,50,70 y 100 ppm), haciendo referencia específica a los valores de turbiedad y color real, por ser estos parámetros asociados directamente a la clarificación del

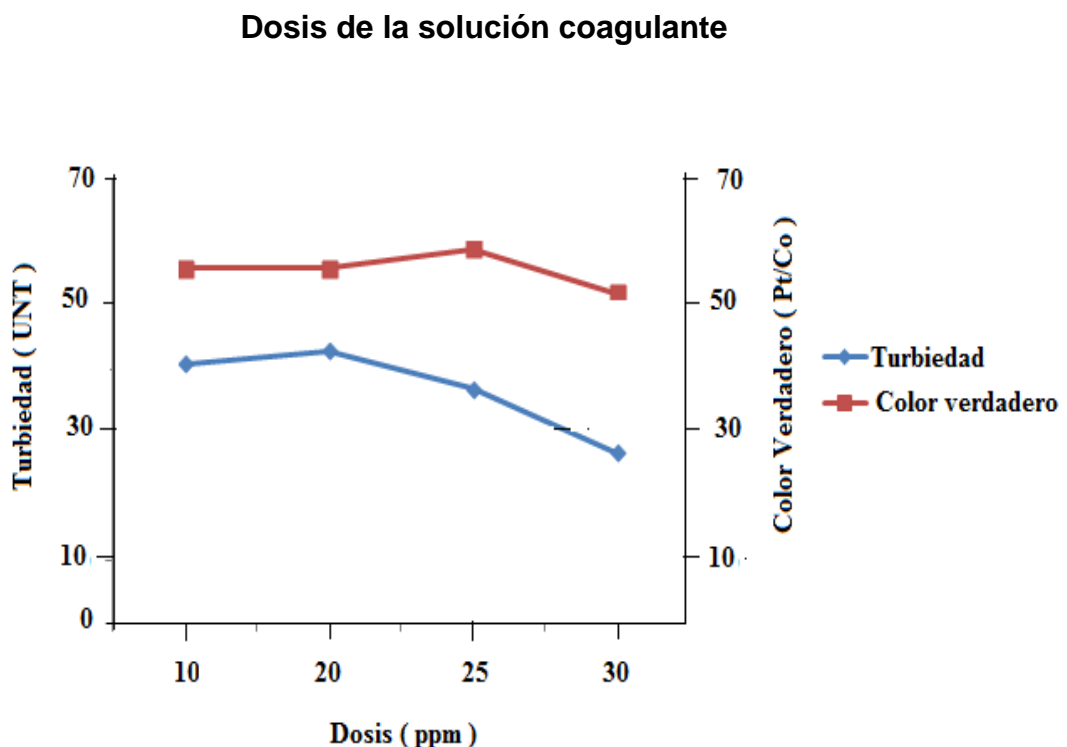
agua. En la gráfica 1, se muestran los valores de turbiedad y color real en función de cada intervalo de concentración de solución coagulante.



Grafica 1. Turbiedad y color real vs Concentración de *Moringa oleifera*.

Se puede apreciar el comportamiento de los valores de turbiedad y color real después del tratamiento con diferentes dosis de coagulante de *Moringa oleifera*, (10, 30, 50, 70, 100 ppm). Esta tendencia señala que el valor mínimo de turbiedad es de 27 UNT con una turbidez inicial del agua cruda de 189 UNT, obtenido a una concentración de 30 ppm, mientras que los valores se incrementan a mayores concentraciones; para el color real se observó un comportamiento similar, obteniéndose un valor mínimo de 52 Pt/Co a una concentración de 30 ppm, con un valor inicial de 145 Pt/Co. Esto coincide con los reportes de resultado del trabajo de investigación realizado por Muyubi y Evinson (1995) quienes indicaron que al incrementarse la dosis del coagulante de *Moringa oleifera* conduce a revertir las cargas, lo cual lleva a una reestabilización de las partículas desestabilizadas.

Una vez realizado el análisis del comportamiento del primer ensayo, se procede reducir el intervalo de las concentraciones iniciales de solución de coagulante, para realizar un segundo ciclo de pruebas exploratorias, el segundo intervalo de concentraciones es de 10, 20, 25 y 30 ppm y de esta manera verificar si es posible disminuir los valores de turbiedad y color real obtenidos en los ensayos anteriores y de esta manera realizar la selección de la dosis optima de la solución madre. Los resultados de estas pruebas se reflejan en la gráfica 2.



Grafica 2. Turbiedad y color real vs Concentración de *Moringa oleífera*

Los resultados de esta segunda prueba exploratoria, indican que no se logró una disminución significativa de los valores de turbiedad y color real, al reducir el intervalo de concentraciones de coagulante, reportando un valor máximo de 41 UNT de turbiedad y 59 Pt/Co de color real, y manteniéndose

valores mínimo de turbiedad de 27 UNT y 52 Pt/Co de color real a una concentración de 30 ppm.

En base a los reportes anteriores, se puede determinar que la dosis óptima de concentración de coagulante de *Moringa oleífera* para una muestra de 1000 ml de agua cruda de producción es de 30 ppm. Para hacer énfasis, a continuación se muestran los parámetros físicos y químicos relevantes obtenidos como resultado de la acción de la solución coagulante a una concentración de 30 ppm.

Tabla 15. Valores de hierro y porcentajes de remoción producto del tratamiento del agua de producción, con la dosis optima de la solución coagulante.

Hierro inicial ppm	Dosis optima ppm	Hierro final Ppm	% Remoción
0,26	30	0,08	31

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018.

Se logró una disminución del 31% del hierro presente en el agua cruda de producción resultados reflejados en la tabla 15. Este parámetro químico fue considerado en el análisis de la muestra debido a que su presencia incrementa el color real del agua, y la concentración de este metal superior a los 0,3 ppm representa un potencial problema en el uso y manejo del agua, ocasionando precipitados y una estructura gelatinosa.

Tabla 16. Valores de sólidos producto del tratamiento del agua de producción, con la dosis optima de la solución coagulante.

Turbidez inicial UNT	Dosis Optima	Solidos suspendidos		Solidos disueltos	
		Inicial	Final	Inicial	Final
189	30 ppm	61 ppm	28 g/l	4,2 g/l	2,34 g/l

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018.

En la tabla 16 ,se evidencia una notable disminución de los sólidos suspendidos después del tratamiento, representando un porcentaje de remoción de 45%, resultados que pueden ser comparados con los obtenidos por Jhonny Palmero y José Lías (2017), los cuales reportaron una disminución del 46 % de los sólidos suspendidos teniendo en cuenta que la presencia de solidos suspendidos, está relacionada con la turbiedad y se debe al alto contenido de materia orgánica, que impide la penetración de la luz sobre la columna de agua, disminuyendo el oxígeno y convirtiéndose en un limitante para la actividad fotosintética. Por otra parte, se ve reflejado que los sólidos disueltos presentaron una disminución a niveles aceptables con un 56% de remoción del agua tratada, a pesar de que los valores iniciales están dentro del límite establecido, se logró minimizar aún más el valor permisible por el Decreto 883 en las Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Tabla 17 . Valores de pH alcalinidad y dureza producto del tratamiento del agua de producción, con la dosis optima de la solución coagulante.

Turbidez inicial UNT	Dosis Optima	pH		Alcalinidad		Dureza	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
189	30 ppm	6,85	6,81	330ppm	305	330	320 ppm

					ppm	ppm	
--	--	--	--	--	-----	-----	--

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018.

La tabla 17, evidencia que los parámetros alcalinidad, dureza y pH no presentaron una disminución considerable después del uso de la solución coagulante, por lo que sus valores no mostraron una diferencia altamente significativa con cada intervalo de concentración del tratamiento. Resultados que coinciden con los aportes realizados por Ndabigengesere y Suba (1998) reportando que las semillas de *Moringa oleífera* no afectan significativamente los valores de alcalinidad, pH y dureza. Demostrando que existe un déficit en el rendimiento de la solución coagulante para estas condiciones, manteniendo una tendencia constante durante los ensayos exploratorios. Confirmando los resultados descritos por Jhonny Palmero y José Lías (2017), los cuales expusieron que dicho “comportamiento puede que se deba a la precipitación de productos insolubles de la reacción coagulante natural y los iones presentes en el agua”.

Tabla 18 .Valores de color producto del tratamiento del agua de producción, con la dosis optima de la solución coagulante.

Dosis optima	Color real Pt/Co		Color aparente Pt/Co		% Remoción	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Real	Aparente
30 ppm	145	52	246	140	36	57

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018.

En la tabla se muestran los valores del color real y color aparente del agua de producción antes y después de uso de la concentración del coagulante. El color real presento un comportamiento aceptable logrando disminuir en un 36%, mientras que el color aparente de la muestra sin filtrar arrojó un 57 % de efectividad de remoción. El color es un parámetro estrictamente relacionado con los niveles de calidad y pureza del agua,

evidenciando la efectividad del tratamiento en cuanto a clarificación se refiere.

Tabla 19. Valores de turbiedad obtenidos durante el proceso de tratamiento del agua de producción, con la dosis optima de la solución coagulante

Turbiedad inicial UNT	Dosis optima ppm	Turbiedad final UNT	% Remoción
189	30	27	14

Fuente: Gutiérrez, Velásquez 2018.

Se pueden distinguir los valores de turbiedad registrado antes y después de las pruebas exploratorias utilizando el coagulante natural alternativo en la tabla 19, lo cual representa el 14% de reducción de turbiedad. A pesar de que el porcentaje no expresa niveles considerables de disminución, es válido acotar que el agua se encuentra dentro del límite de turbiedad establecido por las Normas de Calidad de Agua, sin embargo la importancia del resultado radica en que se está aumentando en mayores rangos la calidad del tratamiento. Aunado a esto el porcentaje de remoción puede estar limitado por la presencia de partículas suspendidas que no sedimentaron, debido a que la muestra no fue filtrada para el ensayo.

Sugerir métodos de clarificación natural, utilizando la moringa como coagulante alternativo.

En el tratamiento de aguas de producción el polvo de semilla de *Moringa oleífera* demostró ser eficiente en la disminución de parámetros físicos y químicos como hierro, color real, solidos suspendidos, y solidos disueltos, que inciden en el mejoramiento de la calidad del agua. Su importancia radica en que la moringa no perjudica el ecosistema, es una

alternativa eficiente y económica. Por tales motivos el uso de este método de coagulación, dentro de un sistema de tratamiento contribuye a la disminución de la contaminación del medio ambiente.

Este método puede convertirse en una alternativa eficiente y accesible para el tratamiento de los efluentes que están relacionados en la producción de la estación Silvan. En base a los valores registrados, el sistema no demanda una metodología compleja, y puede reducir considerablemente los costos de adquisición de coagulantes sintéticos o compuestos comerciales que son útiles para procesos de clarificación de agua, por lo tanto, el uso de este coagulante puede ser competitivo con los floculantes industriales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se caracterizó el agua de producción de la Estación de flujo Silvan PDVSA División Boyacá, tomada la muestra del agua cruda directamente de la tanquilla API N° 2, logrando determinar los parámetros distintivos que permiten identificarlas de otros efluentes.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas exploratorias se puede decir que la concentración óptima de la solución coagulante de *Moringa oleífera* es de 30 ppm para una muestra de 1000 ml.
- El método de dosificación para clarificación del agua de producción mediante el control de sólidos, es una metodología que representa un procedimiento estándar que proporciona valores aceptables de remoción de turbidez.
- El uso de la *Moringa oleífera* como coagulante alternativo para mejoramiento en la clarificación de las aguas de producción representa una alternativa económica viable, por ser una especie abundante que prolifera en cualquier región de la geografía venezolana.

- Los errores de dosificación no provocan toxicidad.
- Se logró disminuir considerablemente valores de hierro representado por un 31 %, sólidos suspendidos en un 45 %, sólidos disueltos 46%, color real 36 % y turbiedad 14 % de la muestra de agua cruda obtenida de la tanquilla API N°2 de la estación de flujo Silvan del Distrito Barinas, PDVSA División Boyacá.
- La obtención de las semillas de moringa son de fácil acceso, manipulación, almacenamiento y tratamiento.

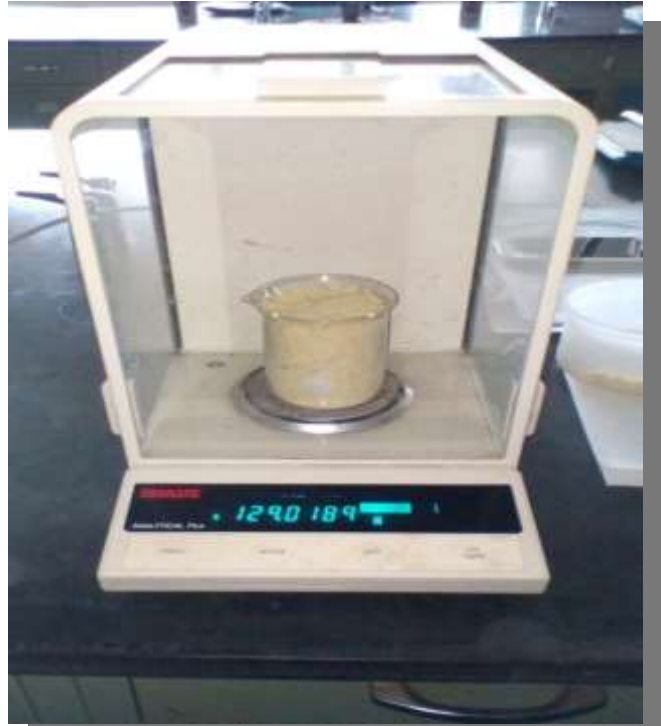
RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de la concentración del coagulante de *Moringa oleífera* en aguas de producción de petróleo.
- Se recomienda utilizar el clarificante en las tanquillas API en el proceso de tratamiento de efluentes.
- Es muy importante realizar un análisis de costo y de inversión para utilizar el método en las estaciones de flujo, socializar el método y medir el grado de aceptación del mismo.
- Es importante generar reservas de producción agrícola, para la obtención masiva de la moringa que permitan hacer frente a sus fluctuaciones.

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, ColombiaVol.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 agua 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 agroindustrialVol.1.N°1:86-96.
- Normas COVENIN 1980. 1553-80. Norma Venezolana. Productos cereales Leguminosas. Determinación de grasas. COVENIN N°1553-80.
- Normas COVENIN 1981.1783-81.Normas Venezolana. Productos cereales y Leguminosas. Determinación de cenizas. COVENIN. N°1783-81.
- 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.

Anexos



Procedimiento de peso y Desgrasado de la Moringa (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Método de Extracción Continuo con soxleth (Gutiérrez y Velásquez 2018)



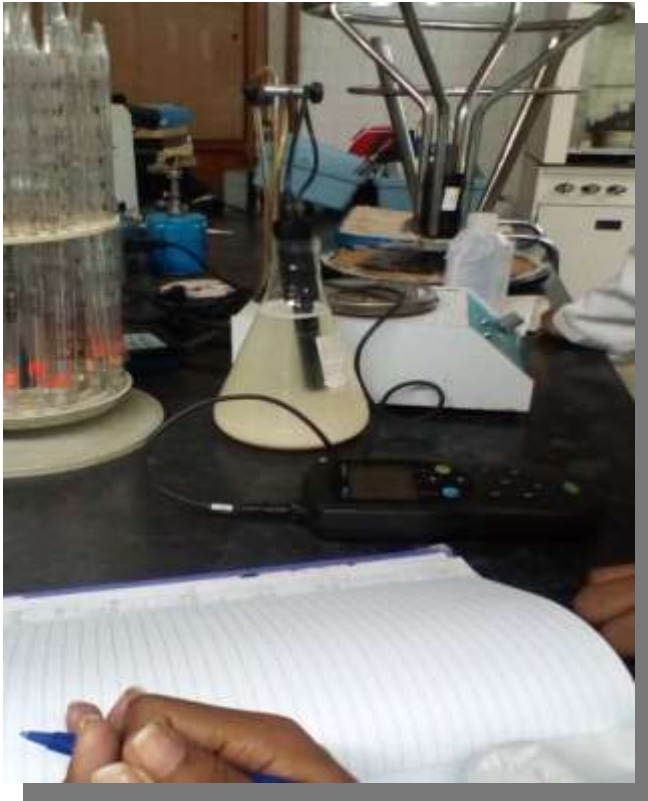
Determinación de Grasa y molienda de la semilla (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Preparación de la Solución Patrón (Gutiérrez y Velásquez 2018)



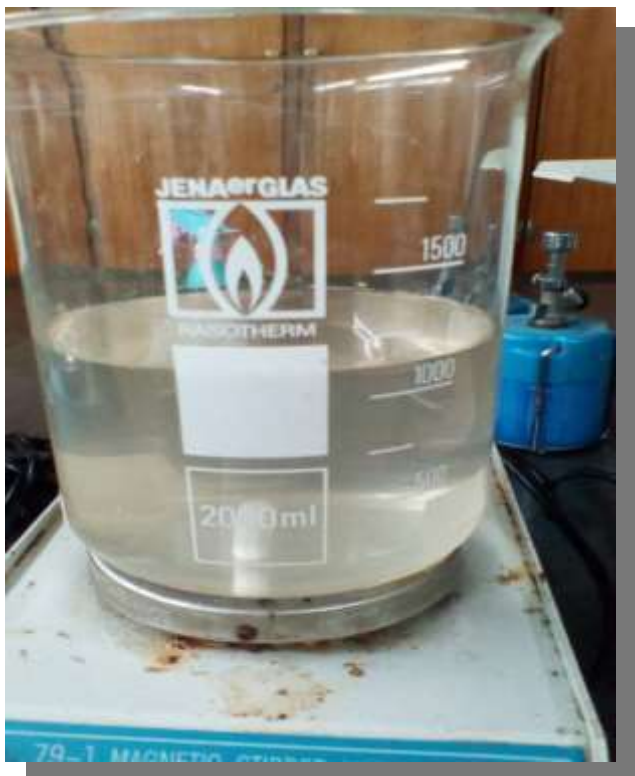
Caracterización de la muestra de aguas cruda (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Inicio de los Ensayos Exploratorio con la Solución Patrón (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Preparación de la Muestra y uso de Agitador Magnético (Gutiérrez Y Velásquez 2018)



Adición de Reactivos (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Determinación de Parámetros Químicos: Alcalinidad y Dureza de Muestra (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Determinación de parámetros Químicos: Hierro (Gutiérrez y Velásquez 2018)



Determinación de Parámetros Físicos y Químicos: Color Real Color Aparente y Solidos Suspendido (Gutiérrez y Velásquez 2018)

