

RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN -RAI-

EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA COMO ALTERNATIVA DE COAGULACIÓN A LOS PROCESOS DE COAGULANTES CONVENCIONALES PARA LA REMOCIÓN DE COLOR Y TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE POTOSÍ*

*CABRERA, Harbey; ORDOÑEZ, Claudia***

PALABRAS CLAVE

Consumidor, Investigación, Evaluación, Agua Potable

DESCRIPCIÓN

El propósito de la investigación fue evaluar la acción de semillas de Moringa Oleífera como alternativa al uso de coagulantes convencionales para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Potosí. Se caracterizó la calidad del agua de la planta de tratamiento, de la misma manera se evaluó la coagulación de moringa oleífera y su acción con respecto al color, determinando la dosis óptima del extracto de Moringa Oleífera en el proceso de coagulación-floculación y se realizó la comparación de la alternativa de uso de esta semilla respecto al sulfato de aluminio. Esta investigación se fundamenta en la cuantificación de datos como lo son parámetros físico-químicos entre otras, a través de pruebas de laboratorio y observación directa al proceso de remoción de color por medio de la utilización de Moringa Oleífera y su análisis por medio de un ensayo de jarras.

Los análisis de la Semilla de Moringa Oleífera para el tratamiento de agua en los rangos de color inicial estudiados, tienen rendimientos apreciables, donde disminuyó notablemente el color inicial y turbiedad inicial, siendo el primero el más complicado a la hora de obtener agua potable, en los rangos involucrados el valor de turbiedad y pH se mantuvo dentro de los rangos según el decreto 1575 resolución 2115/2007 del Ministerio de Protección Social, Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007. mientras que para el color en algunas pruebas había un floc muy pequeño o

muy ligero que producía una decantación insuficiente.

Este análisis proporciona el tratamiento adecuado, utilizando el Equipo de Jarras, donde se analizaron 2 variables color y turbiedad, con lecturas del agua cruda de 350 UPC y 12 NTU, respectivamente. Los resultados experimentales establecidos en las condiciones del ensayo presentaron que las Semillas de Moringa Oleífera sin cáscara disueltas en solución salina, tuvo gran efectividad en una concentración 25g/l, con una aplicación de 22 ml/l ScNaCl, como dosis óptima, donde observo una disminución considerable de estas 2 variables hasta de 14 UPC de Color y 1.2 NTU de Turbiedad, encontrando una eficiencia de remoción de color del 95.15 % junto a otros valores agregados.

Adicionalmente, se hizo un análisis administrativo tanto investigativo como presupuestal para entender muy bien las posibles problemáticas en cuanto al proyecto de investigación y así mismo poder desarrollar un plan estratégico para poder minimizar tiempo y esfuerzo y poder cumplir a cabalidad los objetivos propuestos.

FUENTES

Se consultaron un total de 58 referencias bibliográficas distribuidas así: sobre el tema de análisis administrativo 7 libros, 5 artículos; sobre tratamiento de aguas 12 libros, sobre el tema de coagulantes 6 libros, sobre desarrollo territorial 5 artículos y sobre semillas de moringa oleífera 16 libros y 4 tesis (Universidad de Santiago de Chile, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad del Salvador y Escuela Agrícola Panamericana, respectivamente).

CONTENIDO

El marco teórico de la investigación inicia con un análisis conceptual de las diferentes impurezas y contaminantes que puede tener el agua que pueden ser físicas, químicas y biológicas. Así mismo, se describen los conceptos de turbiedad y color que tienen un gran impacto estético frente al consumidor y que de esto se determina la buena calidad de la misma. Seguido a esto, se definen los conceptos de coagulante y su clasificación los cuales son los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los coagulantes metálicos que son los que actúan como polímeros además de la carga eléctrica que poseen. Luego, se presenta el concepto de lo que es el proceso de coagulación en el tratamiento de agua diferenciando su clasificación para el mismo que sirve para la remoción de materia orgánica y para desestabilizar partículas. Después se describen las características de la semilla de moringa oleífera, su tratamiento y producción, todo esto con el fin de saber que la moringa oleífera es un coagulante natural que nos ayuda a purificar el agua para el consumo, garantizando así su vitalidad. Y finalmente, en el marco teórico de esta investigación se definen los respectivos conceptos del análisis administrativo como las características de la matriz DOFA, como realizar su análisis y como planear sus respectivas estrategias para dar solución a posibles problemáticas encontradas en la investigación. De igual manera se especifica la clasificación organizacional y legal y las ventajas de la responsabilidad social según sustenta el Pyme, destacando como ventaja principal la satisfacción del cliente, concluyendo así que un trabajador satisfecho es mucho más productivo. El objetivo de esta investigación se centra principalmente en evaluar la semilla de moringa oleífera en los procesos de coagulantes para el tratamiento del agua, que luego de revisar el marco teórico se tiene como hipótesis que es eficiente utilizar la moringa oleífera como alternativa a los procesos de coagulantes convencionales para la remoción de color en aguas de baja turbiedad.

METODOLOGÍA

El tipo de investigación de este proyecto, es de carácter Cuasi-Experimental, dentro del enfoque cuantitativo, desde un tipo evaluativo y descriptivo, ya que el desarrollo de ésta investigación se fundamenta en la cuantificación

de datos como lo son parámetros físico-químicos entre otras, a través de pruebas de laboratorio y observación directa al proceso de remoción de color y de acuerdo a los lineamientos de la Corporación Universitaria UNITEC esta investigación pertenece a la línea de investigación cadenas de abastecimiento, productividad y competitividad la cual pretende mejorar la calidad del agua. Las técnicas que se utilizaron fueron 5 (Método de Kjeldahl, Método Soxhlet, Cromatografía de gases, Maceración, Ensayo de jarras). El diseño experimental que se desarrolló en la investigación es un diseño factorial 2^4 con dos repeticiones de cada prueba, siendo 2 el número de niveles que en este caso es mínimo y máximo, y 4 el número de variables independientes a trabajar para un total de 32 pruebas de jarras para cada coagulante (sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y extracto de moringa oleífera).

CONCLUSIONES

Las potabilizadoras convencionales utilizan generalmente sales de aluminio o de hierro, y en algunos casos particulares polielectrólitos como coagulantes para desestabilizar las partículas coloidales presentes en el agua cruda, pero son muy pocas las plantas potabilizadoras que operan con coagulantes naturales en sus procesos y operaciones unitarias, debido a esto, que en muchos casos existe un desconocimiento de las ventajas y cualidades de productos naturales para desestabilizar las partículas coloidales en el agua. Los resultados experimentales establecidos en las condiciones del ensayo, presentaron que el mejor coagulante natural (alternativo) fue la semilla de moringa oleífera con 25g/L de solución salina con una aplicación de 22 mL. En cuanto a los beneficios para la salud humana se puede concluir que se evitaría enfermedades como el mal de Alzheimer generado por el sulfato de aluminio, además se beneficiará a la diferente población a nivel rural que no cuenta con tratamiento óptimo para generar agua potable dado el alto costo que genera la aplicación de otros productos como lo es el sulfato de aluminio, es aquí donde hay la necesidad de implementar el uso de moringa oleífera esperando contribuir con la purificación del agua a bajo costo. El análisis de la matriz DOFA permitió identificar los principales factores que influyen en la investigación y poder determinar las estrategias como posibles soluciones. Por tanto, se concluye



que está técnica es importante puesto que determina los aspectos de la organización como ventaja hacia la competencia y en que se debe mejorar para ser competitivo.

ANEXOS

La investigación no tiene ningún anexo, toda evaluación, pruebas y análisis se encuentran en el desarrollo de la investigación.



**EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA
COMO ALTERNATIVA DE COAGULACIÓN A LOS PROCESOS DE
COAGULANTES CONVENCIONALES PARA LA REMOCIÓN DE COLOR Y
TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO
DE POTOSÍ**

CABRERA FREDY, ORDOÑEZ CLAUDIA

AUTORES

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNITEC

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ, D.C, JULIO DE 2019



**EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA
COMO ALTERNATIVA DE COAGULACIÓN A LOS PROCESOS DE
COAGULANTES CONVENCIONALES PARA LA REMOCIÓN DE COLOR
Y TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL
MUNICIPIO DE POTOSÍ**

RONALD ROJAS ALVARADO

DIRECTOR

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNITEC

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ, D.C., JULIO DE 2019

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|---|---------------|
| Introducción _____ | 12 |
| Descripción del Problema _____ | 15 |
| <i>Preguntas de Investigación</i> _____ | 21 |
| Objetivos _____ | 22 |
| <i>Objetivo General</i> _____ | 22 |
| <i>Objetivos Específicos</i> _____ | 22 |
| Justificación _____ | 23 |
| Marco Referencial _____ | 24 |
| <i>Antecedentes</i> _____ | 24 |
| <i>Marco Conceptual</i> _____ | 26 |
| <i>Marco Contextual</i> _____ | 29 |
| <i>Marco Teórico</i> _____ | 31 |
| <i>Teoría de los coloides</i> _____ | 31 |
| <i>Naturaleza de la turbiedad y el color</i> _____ | 32 |
| <i>Coagulantes</i> _____ | 34 |
| <i>Proceso de coagulación en el tratamiento de agua</i> _____ | 35 |
| <i>Clases de coagulantes</i> _____ | 37 |
| <i>Coagulantes metálicos</i> _____ | 38 |
| <i>Coagulantes y floculantes poliméricos (polielectrolitos)</i> _____ | 40 |
| <i>Clasificación de los polielectrolitos</i> _____ | 41 |
| <i>Moringa oleífera (polímero natural)</i> _____ | 43 |
| <i>Moringa en el tratamiento de agua</i> _____ | 47 |
| <i>Moringa oleífera en la purificación de aguas</i> _____ | 50 |
| <i>Producción semilla</i> _____ | 55 |
| <i>Lista de coagulantes naturales de origen vegetal</i> _____ | 60 |
| <i>Procesos de extracción de aceite de moringa oleífera</i> _____ | 62 |
| <i>Extracción por prensado.</i> _____ | 62 |
| <i>Extracción con solventes.</i> _____ | 63 |
| <i>Extracción con fluidos supercríticos.</i> _____ | 64 |
| <i>Extracción por arrastre con vapor.</i> _____ | 64 |
| <i>Ventajas y desventajas del uso de moringa oleífera</i> _____ | 65 |
| <i>Planeación Estratégica</i> _____ | 67 |

| | |
|---|----|
| Características de la Matriz DOFA. | 67 |
| <i>Cómo hacer una matriz DOFA.</i> | 67 |
| <i>Estructura Organizacional</i> | 69 |
| <i>Tipos de una Estructura Organizacional.</i> | 69 |
| <i>Estructura Legal</i> | 71 |
| <i>Clases de una estructura legal.</i> | 71 |
| <i>Responsabilidad social corporativa</i> | 72 |
| <i>Ventajas de la responsabilidad social.</i> | 72 |
| Marco Legal | 73 |
| Diseño Metodológico | 74 |
| <i>Campo de Investigación</i> | 74 |
| <i>Tipo de Investigación</i> | 74 |
| <i>Línea de Investigación</i> | 75 |
| <i>Hipótesis y Variables</i> | 75 |
| <i>Hipótesis</i> | 75 |
| <i>Variables</i> | 76 |
| Fundamento de las Técnicas y Métodos utilizados | 76 |
| <i>Método de Kjeldahl</i> | 76 |
| <i>Método Soxhlet</i> | 77 |
| <i>Cromatografía de gases</i> | 77 |
| <i>Ensayo de jarras</i> | 78 |
| Diseño Experimental | 80 |
| <i>Método de Kjeldahl</i> | 81 |
| <i>Método Soxhlet</i> | 83 |
| <i>Obtención del coagulante crudo primario</i> | 83 |
| <i>Proceso ensayo de jarras</i> | 86 |
| Resultados | 90 |
| <i>Caracterización de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Potosí</i> | 90 |
| <i>Caracterizar el compuesto activo de semilla de moringa oleífera</i> | 91 |
| <i>Determinar la dosis óptima del extracto de moringa oleífera en el proceso de coagulación-floculación</i> | 93 |
| <i>Evaluar la alternativa de semillas de moringa oleífera respecto al sulfato de aluminio</i> | 97 |
| <i>Realizar un cronograma y una propuesta económica para la implementación de la investigación</i> | 98 |

| | |
|---|-----|
| <i>Cronograma</i> | 98 |
| <i>Presupuesto</i> | 99 |
| <i>Presupuesto global.</i> | 99 |
| <i>Mano de obra calificada.</i> | 100 |
| <i>Insumos y Materiales.</i> | 100 |
| <i>Pruebas de Laboratorio.</i> | 101 |
| <i>Transporte.</i> | 102 |
| <i>Promoción y Difusión de Resultados.</i> | 102 |
| <i>Realizar un análisis DOFA y un análisis estructural encaminado al desarrollo de la investigación</i> | 103 |
| <i>Objetivo</i> | 103 |
| <i>Matriz DOFA</i> | 103 |
| <i>Debilidades.</i> | 103 |
| <i>Fortalezas.</i> | 104 |
| <i>Oportunidades.</i> | 105 |
| <i>Amenazas.</i> | 106 |
| <i>Estrategias</i> | 106 |
| <i>Estrategias DO.</i> | 107 |
| <i>Estrategias DA.</i> | 107 |
| <i>Estrategias FO.</i> | 107 |
| <i>Estrategias FA.</i> | 108 |
| <i>Estructura Organizacional</i> | 108 |
| <i>Estructura Legal</i> | 109 |
| <i>Responsabilidad Social</i> | 110 |
| Conclusiones | 112 |
| Referencias | 114 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla 1: Antecedentes. _____ | 24 |
| Tabla 2: Vocabulario Análisis Administrativo _____ | 26 |
| Tabla 3: Formato análisis de tratabilidad (prueba de jarras) _____ | 88 |
| Tabla 4: Reporte de resultados laboratorio bromatología _____ | 92 |
| Tabla 5: Cronograma de investigación _____ | 98 |
| Tabla 6: Presupuesto general del proyecto. _____ | 99 |
| Tabla 7: Costos de personal investigador del proyecto. _____ | 100 |
| Tabla 8: Materiales e insumos necesarios para investigación. _____ | 100 |
| Tabla 9: Costos de pruebas de laboratorio _____ | 101 |
| Tabla 10: Costo de transporte de equipos, insumos y personal. _____ | 102 |
| Tabla 11: Costo de difusión de resultados de la investigación. _____ | 102 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1: Modelo esquemático del proceso de Coagulación _____ | 43 |
| Figura 2: Moringa oleífera _____ | 46 |
| Figura 3: Almendra sin cáscara y semilla entera para la purificación de aguas y mieles, previo proceso de trituración _____ | 50 |
| Figura 4: Agua no tratada y tratada con moringa oleífera _____ | 54 |
| Figura 5: Vivero Coalcoman, Mich. _____ | 60 |
| Figura 6 : Esquema de la metodología de identificación del extracto crudo. _____ | 80 |
| Figura 7: Proceso de obtención del extracto crudo de moringa oleífera _____ | 85 |
| Figura 8: Proceso ensayo de jarras _____ | 87 |
| Figura 9: Estructura Organizacional _____ | 109 |
| Figura 10: Estructura Legal _____ | 110 |
| Figura 11: Responsabilidad Social _____ | 111 |

LISTA DE GRAFICAS

| | Página |
|---|---------------|
| Gráfica 1: Comparación análisis de color año 2011 _____ | 91 |
| Gráfica 2: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. (25 gm/l) _____ | 93 |
| Gráfica 3: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. [15 gm/l] _____ | 95 |
| Gráfica 4: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. [25 gm/l] _____ | 96 |
| Gráfica 5: Comparación n de ScNaCl y Al ₂ SO ₄ respecto al color. [25 gm/l] _____ | 97 |

Introducción

El trabajo de investigación “Evaluación de la acción de semillas de moringa oleífera como alternativa de coagulación a los procesos de coagulantes convencionales para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua del Municipio de Potosí”, presentado al Profesor Ronald Rojas Alvarado, en la asignatura Seminario de Investigación II, en el marco del Programa de Especialización en Gestión de Proyectos, tiene como objetivo evaluar el uso de coagulantes para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua y diseñar un plan estratégico y viabilidad económica del proyecto.

La razón principal para la realización de esta investigación es la remoción del color en el agua dado que el consumidor prefiere un agua clara y sin sabor (se ha dicho que el color imparte sabor al agua); además la presencia de color aumenta la demanda de cloro; el color puede actuar como nutriente para bacterias y algas; muchas industrias exigen poco color en el agua que utilizan; el color ensucia y daña las resinas de intercambio de aniones; el color interfiere con los métodos colorimétricos de análisis; el exceso de color puede reducir la productividad del agua; el color puede aumentar la concentración de hierro soluble, manganeso y plomo en el agua y estabilizar su presencia; el color puede deberse a desechos orgánicos tóxicos.

El tipo de investigación dentro de la cual se enmarca el desarrollo de este proyecto, es de carácter Cuasi-Experimental, dentro del enfoque cuantitativo, desde un tipo evaluativo y descriptivo, ya que el desarrollo de ésta investigación se fundamenta en la cuantificación de datos como lo son parámetros físico-químicos entre otras, a través de pruebas de laboratorio y observación directa al proceso de remoción de color por medio de la utilización de moringa oleífera y su análisis por medio de un ensayo de jarras.

Atendiendo a esta problemática se evaluarán alternativas ambientales correctas que a nivel mundial están tomando impulso, como es la extracción del coagulante de la semilla de moringa oleífera para el tratamiento de aguas con color y turbiedad fuera de la normatividad.

Se realizarán ensayos para evaluar la eficiencia de ambos coagulantes, el sulfato de aluminio y semillas de moringa oleífera para reducir el color y turbiedad en la planta de tratamiento del Municipio de Potosí-Nariño, los ensayos de coagulación se realizarán utilizando los principios de la prueba de jarras con extractos de semillas cosechadas en Colombia. El análisis de los datos para determinar el mejor tratamiento, se realizará utilizando la prueba estadística según la norma NTC ISO 5607-1 y para determinar las variables que afectan el rendimiento del coagulante se utiliza una regresión lineal. Se determinará que la extracción del coagulante de la semilla de moringa oleífera podría ser viable para el tratamiento de agua con alto nivel de color. No obstante, la evaluación indicará

cual es el mejor tratamiento, si la aplicación del extracto de la semilla de moringa oleífera o la adición de Sulfato de Aluminio (Alumbre) en una dosis óptima en mL/L que resulte en una eficiencia satisfactoria.

El presente proyecto pretende investigar tecnologías verdes, o limpias, en sistemas de potabilización de agua. Colombia aún no alcanza las metas del milenio en coberturas de agua potable, es más con esta crisis invernal muchos acueductos y plantas de potabilización se han destruido, y las que están funcionando en sectores rurales o de difícil acceso son plantas convencionales, lo que implica el uso de químicos coagulantes como el sulfato de alumbre, que si bien elimina los sólidos en suspensión y materia orgánica, tiene dos problemáticas, su costo y el residuo que genera, la materia coagulada decantada y luego los sólidos deberán ser removidos, trasladando el problema al ambiente o ríos en su mejor caso a un relleno sanitario.

El uso de la moringa oleífera, está en ascenso en el mundo, en África hay comunidades que la emplean como sistema de coagulación siendo una alternativa natural, económica y que se puede cultivar en países tropicales como Colombia. Es por esto que es necesario que se realicen investigaciones con el fin de identificar sus fortalezas y debilidades frente a tratamientos convencionales

Descripción del Problema

La (ONU, 2012) dice:

En el mundo se ha cumplido con la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso al agua potable mucho antes de la fecha límite de 2015, según un informe publicado el 6 de marzo de 2012 por UNICEF y la OMS. Entre 1990 y 2010, más de 2.000 millones de personas obtuvieron acceso a fuentes mejoradas de agua potable. No obstante, la meta de saneamiento sigue estando muy retrasada. Las tecnologías existentes de tratamiento actual representan altos costos de infraestructura y mantenimiento, obstaculizando el cumplimiento de las metas planteadas para la mejora de calidad de vida y provocando problemas de salud a nivel mundial.

Además (Mendoza & otros, 2000) afirma que:

El agua cruda proveniente de fuentes superficiales o subterráneas contiene una serie de partículas suspendidas o disueltas que deben ser removidas en la potabilización, ya que le confieren al agua turbidez, color, sabor y olor haciendo que sea poco atractiva y desagradable para el consumidor. En este proceso de potabilización el coagulante comúnmente utilizado es el sulfato de aluminio, el cual ha demostrado ser un buen coagulante en lo que a remoción de turbidez y color se refiere. Sin embargo, el uso de las sales de aluminio debe ser controlado ya que podrían dejar en el agua

tratada cierta cantidad de aluminio residual, que puede ser significativa si se considera el volumen de agua que se consume diariamente y los problemas de salud que puede ocasionar. El aluminio residual en el agua de consumo humano puede ser peligroso para la salud ya que puede afectar gravemente el sistema nervioso central. Estudios realizados indican que existe relación entre los agentes etiológicos del mal de Alzheimer y la concentración de aluminio en el organismo humano, afirmando, además, que ocasiona envejecimiento prematuro.

Por otro lado, la remoción del color en el agua incluye estética, por lo general el consumidor prefiere, para uso doméstico un agua clara y sin color; sabor, se ha dicho que el color imparte sabor al agua; demanda de cloro, la presencia de color aumenta la demanda de cloro del agua; nutrientes, el color puede actuar como nutriente para bacterias y algas; requerimientos industriales, muchas industrias exigen poco color en el agua que utilizan; resinas de intercambio de aniones, el color ensucia y daña las resinas de intercambio de aniones; análisis, el color interfiere con los métodos colorimétricos de análisis; productividad, el exceso de color puede reducir la “productividad del agua; quelación, el color puede aumentar la concentración de hierro soluble, manganeso y plomo en el agua y estabilizar su presencia” (Salazar, 2012) salud, el color puede deberse a desechos orgánicos tóxicos.

El Departamento de Nariño cuenta con 1330 acueductos, de los cuales 108 son urbanos

(IDSN, 2010)¹. En general, la cobertura del servicio de acueducto en zonas urbanas es del 93.1% y del 68.7% en zonas rurales. De los sistemas de acueducto urbano, el 84% cuentan con tratamiento que puede ser de diferentes tipos así: plantas convencionales que incluyen coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección; filtración lenta en arena, desinfección con hipoclorito de calcio o de sodio y con cloro gaseoso, mientras el 16% restante no cuentan con ningún tipo de tratamiento. En la zona rural del departamento existen 1222 acueductos, de estos, el 41% cuenta con algún sistema de desinfección principalmente con hipoclorito de calcio o cloro granulado y el 59% restante no cuentan con ningún tipo de tratamiento. (Nariño G. d., 2012)

En cuanto a calidad del agua, el departamento de Nariño, presenta un IRCA² promedio de 43.25 que corresponde a un nivel de riesgo ALTO; según el IRCA reportado por el IDSN para las zonas urbanas de los municipios de Nariño, el 25% de las cabeceras municipales presentan riesgo alto en cuanto a la calidad de agua suministrada a la población, el 31% de los municipios presentan un riesgo medio, el 27% de los municipios presentan riesgo bajo y tan sólo el 17% de los municipios restantes no presentan riesgo; en cuanto a la zona rural del departamento, el 3% de los municipios en su zona rural presentan riesgo inviable sanitariamente en cuanto a la calidad de agua suministrada a la población, el 73% riesgo alto, el 17% presenta riesgo medio, el 5% riesgo bajo y el 2% únicamente no tiene riesgo es decir,

¹ IDSN: Instituto departamental de salud de Nariño

² IRCA: Índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano

que sólo el 2% de la zona rural del departamento está consumiendo agua apta para consumo humano. (Nariño G. d., 2012)

(Rodríguez M & otros, 2007) dice:

Generalmente las plantas potabilizadoras utilizan como coagulantes las sales de aluminio o de hierro para desestabilizar partículas coloidales, pero desde los años 70 en adelante se propuso la utilización de coagulantes naturales de cada región, con el propósito de reducir el consumo de reactivos químicos; sin embargo, el desarrollo de estos coagulantes no tuvo un auge significativo debido a la comercialización y utilización de polímeros sintéticos en procesos convencionales de tratamiento como coagulantes primarios o ayudantes de floculación, los cuales pueden ser contaminados durante su proceso de fabricación con monómeros u otras sustancias tóxicas, entre las cuales se encuentra la acrilamida y de ahí pueden reaccionar con las demás sustancias químicas añadidas al agua durante su tratamiento, como tal es el caso del ozono y del cloro, generando sustancias peligrosas para la salud, pudiendo no ser removidas en el tratamiento convencional antes de llegar al usuario y/o consumidor.

Así mismo (Rodríguez M & otros, 2007) afirma que:

Dentro de algunos coagulantes alternativos empleados en América latina, están las semillas de la planta moringa oleífera usada como coagulante primario en la clarificación de aguas. Son diversos los coagulantes naturales (papa, cactus, maíz, trigo, yuca) que han sido utilizados en la clarificación de agua, dentro de la extensa gama de productos estudiados hasta la actualidad en el mundo. (Campos, 2000)

Teniendo en cuenta lo anterior, la búsqueda de alternativas de tratamiento de aguas basadas en la utilización de coagulantes naturales en los procesos de clarificación, específicamente en la etapa de coagulación floculación, es una prioridad en países en vías de desarrollo y tomando como base que la moringa oleífera es uno de los coagulantes estudiados a nivel mundial que ofrece mejores resultados;

Que podría además reemplazar el sulfato de aluminio (alumbre), que es ampliamente usado alrededor del mundo.

Diversos estudios mostraron que según (Lédo & otros, 2009)

Diversos estudios mostraron que la utilización de la moringa oleífera es comparable al sulfato de aluminio, siendo recomendada su utilización como un coagulante eficaz para el tratamiento de agua en diversas aplicaciones como se cita en la moringa oleífera es una planta tropical perteneciente a la familia Moringaceae. Es originaria

del noroeste de la India, y es conocida en Brasil como Quiabo de quina y Lirio blanco. El coagulante es declaradamente activo, seguro y barato; siendo posible su amplia utilización en el tratamiento del agua, lo que trae beneficios económicos para los países productores, además de constituirse en una alternativa ambientalmente correcta.

Esta planta no requiere mayores cuidados para su desarrollo. Alta adaptabilidad. Se desarrolla óptimamente en terrenos ubicados entre los 0 y 1200 m.s.n.m suelos franco arenoso, pluviosidad media y baja. (Colmoringa, 2010). Se puede desarrollar este tipo de investigaciones en Nariño, que ofrece una amplia variedad de pisos térmicos, para su posibilidad de sembrado y realizar los ensayos pertinentes a este estudio.

Actualmente existen varios particulares que ofrecen el servicio de venta de semillas de moringa oleífera en Colombia, cabe destacar la presencia de una empresa que radica en Bogotá con el nombre de Colmoringa (Colmoringa, 2010) que ofrece el servicio de venta directa de semillas ya sea nacional o importada, haciendo más viable el desarrollo de esta tecnología limpia para sistemas de potabilización de agua , además a nivel regional no se han desarrollado este tipo de investigaciones, que se encarguen de encontrar nuevas alternativas de tecnología limpia para el sistema de potabilización de agua; es allí donde se encuentra la capacidad para estudiar y solucionar un problema como lo es encontrar nuevas alternativas de tecnología limpia para el sistema de potabilización de agua.

Preguntas de Investigación

- ✓ ¿Cómo actúa el extracto de semillas de moringa oleífera en el proceso de coagulación con respecto a la remoción de color en agua de turbiedad baja frente a coagulantes convencionales?

- ✓ ¿Es viable la inversión a realizarse?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la acción de semillas de moringa oleífera como alternativa al uso de coagulantes convencionales para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Potosí y diseñar un plan estratégico y viabilidad económica del proyecto.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Potosí
- Determinar la dosis óptima del extracto de moringa oleífera en el proceso de coagulación-floculación
- Evaluar la alternativa de uso de semillas de moringa oleífera respecto al sulfato de aluminio.
- Realizar un cronograma y una propuesta económica para la implementación de la investigación.
- Realizar un análisis DOFA y un análisis estructural encaminado al desarrollo de la investigación.

Justificación

La investigación sustentada en este trabajo es de gran importancia ya que aportará conocimientos teóricos y empíricos en el uso de semillas de moringa oleífera para el tratamiento de agua potable.

Además, la evaluación de este coagulante natural permitirá al sector rural del municipio de Potosí obtener una fuente mejorada de agua potable a bajo costo y así mismo mejorar las condiciones de vida de este sector puesto que podrán consumir agua de calidad apta para el ser humano, sin poner en riesgo la salud del mismo.

Por último, mediante la investigación se desarrollará un modelo para evaluar la acción de semillas de moringa oleífera en la planta de tratamiento de agua potable, el cual servirá para otros proyectos de investigación y podrá aplicarse a otras poblaciones del sector rural del departamento de Nariño que más lo requieran.

Marco Referencial

Antecedentes

A través de la tabla 1 se relacionan algunos proyectos, los cuales sirven de apoyo bibliográfico.

Tabla 1: Antecedentes.

| Nombre de la Investigación | Autor/ Año | Objetivo | Conclusión |
|--|-------------------------|---|---|
| Uso de la moringa oleífera como coagulante en la potabilización de las aguas | (Mendoza & otros, 2000) | Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua cruda en la planta Alonso de Ojeda de la ciudad de Maracaibo | El uso de moringa oleífera disminuye los valores de turbidez inicial de 7, 11, 15, 20, 29 y 49 NTU a valores establecidos por las normas de calidad del Agua de Venezuela (5 NTU) Las dosis de moringa estudiadas disminuyeron los valores de color inicial de 15 y 30 UC a 5 y 8 UC, respectivamente. |
| Mejoramiento del método de extracción de los componentes activos de semillas de moringa oleífera | (Okuda & otros, 2001) | Encontrar el mejor método de extracción de los componentes coagulantes de semilla de moringa oleífera. | Las conclusiones de tipo teórico sobre el modo en que el extracto actúa sobre la materia en suspensión, pues se forma una estructura tipo red que atrapa las partículas. Mecanismo es por barrido |
| Acción potabilizadora de la moringa oleífera | (Sánchez, 2004) | Estudiar la influencia de ciertos parámetros en el | El empleo de una disolución acuosa de cloruro sódico como solución extractora multiplica la eficacia del proceso de extracción. A una |

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
| | | ensayo de floculación: la velocidad de agitación, la duración relativa de las etapas (lenta y rápida) de mezcla, así como el seguimiento de proceso de coagulación-floculación a lo largo del tiempo. | concentración de 2,5 M de NaCl no existen diferencias apreciables entre la eficacia del tratamiento a 1 mL/L y a 10 mL/L de extracto en agua sucia. |
| Los efectos de condiciones del almacenamiento de moringa oleífera. semillas en su actuación en la coagulación | (Katayon & otros, 2006) | Determinar las condiciones de almacenamiento del extracto de moringa oleífera. | No se encuentra diferencias significativas en la remoción de la turbiedad del agua utilizando extracto de moringa oleífera recién preparado y otro almacenado durante 3-5 meses |
| Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo | (Fayos, 2007) | Estudiar la utilización de coagulantes naturales extraídos de semillas autóctonas como un método de potabilización de agua para países en vías de desarrollo. | El estudio comparativo realizado ha permitido seleccionar entre 21 semillas analizadas, 3 semillas de cultivos comunes (leguminosas y cereales), que presentan una excelente capacidad coagulante, reduciendo la turbidez inicial del agua cruda en porcentajes comparables al coagulante natural más extendido en la actualidad, la semilla de moringa oleífera |
| Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de moringa oleífera para la depuración de | (Lédo & otros, 2009) | Investigar la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y semillas de moringa oleífera, para | Este trabajo indica que la utilización de moringa oleífera es comparable al sulfato de aluminio, pudiendo ser utilizada como coagulante eficaz para la depuración de agua con baja turbiedad |
| | | | El protocolo desarrollado para la extracción del compuesto activo, es |

| | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| aguas con baja turbiedad | | remoción de turbiedad en muestras del agua provenientes de la Laguna de Jiqui, estado del Rio Grande do Norte, Natal-Brasil. | sencillo y puede adaptarse fácilmente a zonas de escasos recursos, permitiendo su utilización para la clarificación del agua cruda. Dicho protocolo ha sido contrastado en la aplicación real en Ecuador, ofreciendo resultados prometedores en la reducción de la turbidez y de la concentración bacteriana, en combinación con el cloro. |
|--------------------------|--|--|--|

Fuente: Esta investigación, 2019

Marco Conceptual

A través de la tabla 2 se detallan cada una de las definiciones utilizadas en el análisis administrativo.

Tabla 2: Vocabulario Análisis Administrativo

| Concepto | Definición | Fuente |
|-----------------|---|-------------------|
| Análisis DOFA | Un análisis DOFA es una evaluación de los procesos; que tanto individuos como empresas realizan para conocer su situación o posición en el mercado. De esta manera pueden saber qué tan competitivos son y en qué áreas deben concentrarse para serlo. | (Rodriguez, 2018) |
| Cronograma | Neologismo que señala un programa de actividades ordenados en el tiempo en el que además se suele especificar la duración de cada actividad, lugar de realización, responsable, etc. | (Menacho, 2007) |

| | | |
|---------------------------|--|--|
| | Puede ser escrito literalmente o en forma de tabla. | |
| Diseño experimental | Es la modalidad del estudio, cuando se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (hipótesis – causas) para analizar sus consecuencias sobre una o más variables dependientes (hipótesis – efectos), dentro de una situación controlada por el estudioso o investigador. | (Menacho, 2007) |
| Estructura legal | La estructura legal representa la forma en que la empresa está organizada. Es muy importante elegir la mejor estructura legal ya que ésta afectará todos los aspectos de su empresa, desde el pago de los impuestos hasta la responsabilidad financiera personal. | (Acción, 2019) |
| Estructura organizacional | La estructura organizacional es fundamental en todas las empresas, define muchas características de cómo se va a organizar, tiene la función principal de establecer autoridad, jerarquía, cadena de mando, organigramas y departamentalizaciones, entre otras. | (Claudia, 2012) |
| Evaluación | Examen independiente y objetivo (realizado durante el proyecto o una vez finalizado) del contexto, objetivos, resultados, actividades y medios utilizados, efectuado para formular las conclusiones extra – probables | (Menacho, 2007) |
| Impacto | Son los cambios positivos y negativos producidos directamente e indirectamente, como resultado de un proyecto o programa. | (Menacho, 2007) |
| Innovación | Acción de modificar un producto para su introducción en el mercado. Lo fundamental de la innovación es que toma todo lo ya existente y lo reconstruye, lo reorganiza o lo muda agregándole algo nuevo. | (Concepto.de, Concepto de Inovación, 2019) |

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Meta | <p>Una meta o fin es el resultado esperado o imaginado de un sistema, una acción o una trayectoria, es decir, aquello que esperamos obtener o alcanzar mediante un procedimiento específico.</p> <p>A la fijación de metas se le denomina planificación, y a su cumplimiento, eficiencia o efectividad. Esto en lenguaje corporativo u organizacional.</p> | (Concepto.de, Concepto de visión, 2018) |
| Misión | <p>El concepto de misión es entendido como la facultad o el poder que se le es dado a una o varias personas para realizar cierto deber o encargo. Otras veces es definido como la razón de ser de algo o alguien. Y, por otro lado, esta palabra se relaciona con la acción de enviar.</p> | (Concepto.de, Concepto de meta, 2019) |
| Objetivo | <p>Un objetivo o finalidad es una meta o fin último hacia el cual se dirigen las acciones o las operaciones de algún proyecto específico. Todo lo que hacemos tiene un fin, un sentido final adonde queremos llegar, que es la sumatoria de los pasos dados para alcanzarlo. Eso es un objetivo, y de nuestra capacidad para alcanzarlo o no, dependerá generalmente nuestra medida del éxito o del fracaso.</p> | (Concepto.de, Concepto de Objetivo, 2019) |
| Planeación estratégica | <p>Por planeación estratégica o planificación estratégica nos referimos usualmente a un proceso sistemático, es decir, metódico, de implementación de planes para obtener objetivos y resultados deseados. Es un tipo de planificación táctica que contempla cuáles son las mejores vías para alcanzar las metas que nos hemos propuesto, tanto dentro de una organización (empresa, institución, etc.) como en la vida personal.</p> | (Concepto.de, Concepto de planeación estratégica, 2019) |
| Responsabilidad social corporativa | <p>Cuando se refiere a Responsabilidad Social Corporativa se habla de Responsabilidad social empresarial, que es lo mismo. El concepto de estos términos hace referencia a la contribución activa y de tipo voluntaria para lograr un</p> | (Gerencie.com, 2017) |

| | | |
|------------|---|---|
| | mejoramiento social, ambiental y económico de parte de las diferentes empresas. Normalmente, el objetivo es mejorar la competencia, su situación valorativa y valor añadido. En este sector, se conoce al sistema de evaluación de desempeño con el nombre de Triple Resultado. | |
| Resultados | Son el fruto de las actividades realizadas que, en su conjunto, supondrán la consecución del objetivo específico. | (Menacho, 2007) |
| Visión | Es el objetivo a futuro que éste tiene, a dónde quiere llegar, a qué aspira. La visión es creada por los fundadores de la empresa y puede ir cambiando a medida que la organización muta. El funcionamiento de la organización gira en torno a su visión, a esa meta a la que se quiere llegar. De todos modos, cuando ese objetivo se alcanza se puede cambiar la visión por otra. | (Concepto.de, Concepto de visión, 2018) |

Fuente: Esta investigación, 2019

Marco Contextual

La investigación se efectúa en el Municipio de Potosí localizado a 140 Km. al Sur occidente de la capital del Departamento de Nariño, limita al norte con el Municipio de Córdoba, al sur con el Municipio de Ipiales, al oriente con el Municipio de Ipiales y Departamento del Putumayo, al occidente con Municipio de Ipiales.

Según (FUNDESO)³ :

³ FUNDESO: Fundación de desarrollo sostenido

Su altura es 2.750 m.s.n.m. Cabecera Municipal, 3.600 m.s.n.m. en Cerro San Francisco (Mayor altura) y 2.000 m.s.n.m. extremo oriente del Municipio (Menor altura), la temperatura promedio según altura sobre nivel del mar es 12°C : Potosí, Florida, San Pedro, Santa Rosa, La Capilla, La Playa, La Joya; 11°C: San Marcos, Igüez, El Arrayán, Cuatro Esquinas, Mueses, Capulí, Diezmeros, Yamuésquer, San Antonio, Sinaí, San Pedro; 9°C: Cárdenas, Cortadera, El Palmar, Los Alisos, San Luis, Chita, Cuaspud Núcleo, Cuaspud Quiramá, El Tambo, Sinaí; 8°C: El Cultún, El Consuelo, La Meta; 6°C: Páramos Palacios, San Francisco y el Cultún, su área es de 397 Km² · 2.04 % del Departamento de Nariño y su precipitación media es 1.632 mm/año, mes más lluvioso: abril y noviembre y mes más seco: Julio y Septiembre.

Según datos del E.O.T⁴ del Municipio de Potosí, la Cabecera Municipal de Potosí cuenta en la actualidad con un servicio de acueducto que no se presta con las condiciones necesarias para ser óptimo, puesto que las redes han sobrepasado, en un gran porcentaje, el período de diseño. De igual forma la cobertura no es del 100%, teniendo en cuenta que a la zona urbana se le sumará en los próximos años la zona de expansión, y desde el punto de vista administrativo se puede afirmar que, a pesar de estar constituida la Empresa Municipal de Servicios Públicos desde el año 1997 aún no cuenta con la fortaleza suficiente para ser autónoma y desarrollar políticas propias en beneficio de

⁴ E.O.T: Esquema ordenamiento territorial

los servicios que administra, tiene una alta dependencia de la Administración Municipal (E.O.T. Componente urbano Municipio de Potosí, 2001-2010)

Marco Teórico

El tema del proyecto está enmarcado en lo que se conoce como , hay un especial interés en los coagulantes naturales para el tratamiento de aguas en algunas ciudades, entre tanto es necesario buscar diversas alternativas de tecnología limpia que contribuyan en los procesos de potabilización, una de ellas es el uso de las semillas de la planta moringa oleífera (familia Moringaceae) como coagulante.

Teoría de los coloides

“El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas”
(Gómez. P., 2005)

“Desde el punto de vista físico se puede hablar que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides”
(Gómez. P., 2005)

“En general los coloides no tienen un límite fijo de tamaño y se suelen estudiar bajo un enfoque fisicoquímico desde el punto de vista de sus propiedades. Un material coloidal puede tardar 755 días en sedimentar por tanto es importante cambiar esta condición” (Gómez. P., 2005).

Según (Cardenas, 2000) dice:

Los coloides forman suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural; también son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua. Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida; éstas poseen normalmente una carga eléctrica negativa situada sobre su superficie. Estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos. Del punto de vista de la química hay dos clases de coloides los orgánicos y los inorgánicos. Según sea el tipo de aglomerado que conforman se clasifican en moleculares (Polímeros) y en miscelares, y desde su forma se puede decir que los cilíndricos son más propensos a aglutinarse que los esféricos o poliédricos.

Naturaleza de la turbiedad y el color

Existen dos parámetros importantes que nos dan a conocer la calidad del agua estos son:

1. Turbiedad, los contaminantes causantes de turbiedad en “el agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimento, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. Los tamaños de las partículas varían desde partículas coloidales hasta partículas más grandes” (Salazar, 2012)

La arcilla es quizás la causa más común de turbiedad en las aguas. Comúnmente se entiende por arcilla un material natural, terroso, de gránulos muy finos, que se vuelve plástico cuando se mezcla con cierta cantidad de agua. Varios análisis de arcilla han demostrado que ésta se compone principalmente de sílice, aluminio y agua, frecuentemente con cantidades apreciables de hierro, manganeso y potasio.

2. Color, las sustancias que producen color son, por regla general, compuestos orgánicos. La mayoría de los investigadores cree “que el color orgánico en el agua es de naturaleza coloidal” (Salazar, 2012), aunque algunos autores sin embargo sugieren que se encuentra en solución verdadera.

Los principales constituyentes de color orgánico natural en el agua, de acuerdo con el esquema usado para compuestos orgánicos del suelo son los ácidos fúlvicos, himatomelánicos y húmicos, conocidos en su conjunto como sustancias húmicas.

Las sustancias húmicas están compuestas por moléculas aromáticas de alto peso molecular que muestran características polianiónicas en soluciones neutras o alcalinas. El color existente en el agua no se deriva únicamente de la descomposición de productos naturales sino también de hidróxidos metálicos, como el del hierro y, además, de compuestos orgánicos desconocidos presentes en los desechos domésticos e industriales.

Recientemente se ha demostrado que el color natural del agua puede reaccionar con el cloro para producir compuestos organoclorados, principalmente cloroformo, CHCl_3 , y otros trihalometanos (Salazar, 2012). Puesto que el cloroformo ha sido identificado como un compuesto carcinogénico en estudios con animales, existe cierta preocupación y muchas investigaciones sobre el problema se están realizando actualmente.

Coagulantes

Un polímero puede definirse como una sustancia formada por una cantidad de unidades básicas, llamadas monómeros, unidas por enlaces covalentes que se repiten sucesivamente. Su grado de polimerización está dado por el número de monómeros que conforman su cadena polimérica. (Salazar, 2012)

Según (Salazar, 2012) nos afirma que:

Los coagulantes se pueden clasificar en dos grupos: los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los coagulantes metálicos. Ambos grupos básicamente actúan como polímeros además de la carga eléctrica que poseen. En los primeros, las cadenas poliméricas están ya formadas cuando se los agrega al agua. En los segundos, la polimerización se inicia cuando se pone el coagulante en el agua, después de lo cual viene la etapa de adsorción por los coloides presentes en la fase acuosa. Es, sin embargo, necesario observar que la velocidad de sedimentación de las partículas coaguladas no depende en forma exclusiva de los coagulantes usados sino del peso de las partículas que se trata de sedimentar.

Proceso de coagulación en el tratamiento de agua

Según lo cita el autor (Castro, 2000):

La coagulación y floculación son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar.

La coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas.

Además el autor (Barrenechea M, 2004) dice:

La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto. Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.

El término coágulo se refiere a las reacciones que suceden al agregar un reactivo químico (coagulante) en agua, originando productos insolubles. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundo.

(Rodríguez, 1995) en su informe nos expresa:

La coagulación puede entenderse como la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancias químicas que son los coagulantes. Esta operación se efectúa en unidades y tanques de mezcla rápida, en los cuales el agua se somete a agitación muy intensa para formar una solución homogénea de los coagulantes con el agua en el menor tiempo posible.

Este proceso de coagulación “se usa para remoción de turbiedad orgánica o inorgánica, remoción de color verdadero y aparente, eliminación de bacterias, virus y organismos

patógenos, destrucción de algas y plancton en general, eliminación de sustancias productoras de sabor y olor” (Pérez, 2000).

“El uso de cualquier otro proceso para la remoción de partículas muy finas, como la sedimentación simple, resulta muy poco económico y en ocasiones imposible, debido al alto tiempo requerido” (Valencia, 2000).

Durante la potabilización, “al agua se le agregan coagulantes para desestabilizar los contaminantes y mejorar su remoción. Los coagulantes químicos son usados para desestabilizar partículas, remover materia orgánica particulada, inducir la floculación y obtener una buena sedimentación” (Dennett & otros, 1996).

Clases de coagulantes

Los coagulantes que se utilizan en la práctica para agua potable son los siguientes:

1. Sales de aluminio,” forman un floc ligeramente pesado. Las más conocidas; sulfato de aluminio, $\text{Al}_2(\text{SO}_3) \times 14\text{H}_2\text{O}$, que en la práctica se le denomina como alumbre; el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato sódico” (Gómez, 2010). El primero es el que se usa con mayor frecuencia dado su bajo costo y manejo relativamente sencillo. El uso de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua en una planta potabilizadora presenta el inconveniente

que genera grandes cantidades de lodos producidos durante el tratamiento que incrementa los niveles de contaminación

2. Sales de hierro, “se utiliza el Cloruro Férrico, FeCl_3 , y los Sulfatos de hierro férrico y ferroso, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ y FeSO_4 . Forman un floc más pesado y de mayor velocidad de asentamiento que las sales de aluminio” (Restrepo, 2009).

3. Polímeros o polielectrolitos, “son compuestos complejos de alto peso molecular que se utilizan como ayudantes de coagulación. La dosificación de estas sustancias se lleva a cabo en concentraciones muy bajas, lo cual es una gran ventaja y compensa el costo del polímero” (Restrepo, 2009). “Están siendo ampliamente empleados en el tratamiento de aguas potables ya que se produce una menor cantidad de lodos, adicionalmente el lodo producido es más fácilmente tratable” (Restrepo, 2009)

Coagulantes metálicos

Según afirma (Salazar, 2012) en su libro:

Pueden ser de tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios, como el carbonato de magnesio. Los coagulantes con sales de aluminio son el sulfato de aluminio, sulfato de aluminio amoniacal y aluminato de sodio. Los coagulantes con

sales de hierro son el cloruro férrico, el sulfato férrico y el sulfato ferroso. Para la dosificación en la coagulación por adsorción-neutralización debe tenerse en cuenta la relación estequiométrica entre la dosis del coagulante y la concentración de los coloides, ya que una sobredosis conduce a una reestabilización de las partículas. Para aguas con bajo nivel de alcalinidad, se recomienda aumentar el pH añadiendo hidróxido de calcio (Ca(OH)_2).

Coagulantes naturales

El tratamiento de potabilización convencional, comprende básicamente la clarificación del agua tras la captación mediante las etapas de coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Sin embargo, en zonas de escasos recursos y de tecnología limitada, la utilización de tecnologías convencionales de potabilización no es viable ni adecuada, debido entre otros motivos a su elevado coste de inversión y gestión, y al mantenimiento que requieren. Este tipo de instalaciones se caracterizan por un importante desarrollo de infraestructura, personal cualificado para su explotación y adición de productos químicos necesarios para su funcionamiento. Precisamente esta última característica representa un factor limitante en la aplicación de la tecnología de potabilización convencional, ya que los reactivos químicos pueden alcanzar un valor económico considerable si no son producidos a nivel local, ya que deben ser importados y pagados en moneda extranjera, lo que incrementa considerablemente su coste.

“Como alternativa, los países en vías de desarrollo, han adaptado una serie de tecnologías tradicionales para eliminar la turbidez del agua en el ámbito doméstico. De ellas la más estudiada es la utilización de extractos naturales de plantas para la clarificación del agua cruda” (García B. , 2007)

Coagulantes y floculantes poliméricos (polielectrolitos)

El tipo de polímeros que se forme depende de la naturaleza de los grupos funcionales que lo integran. Todos los monómeros capaces de formar polímeros deben tener por lo menos dos núcleos activos para que la macromolécula formada pueda conservar su configuración inicial. Cuando las cadenas poliméricas tienen múltiples grupos funcionales activos se denominan polielectrolitos. (Salazar, 2012)

De investigación realizada sobre este tipo de sustancias, se desprenden las siguientes conclusiones prácticas, entre otras:

- Los polielectrolitos usados en unión de coagulantes metálicos comunes, producen un floc que sedimenta rápidamente.
- Con ciertas aguas, la dosificación de polielectrolitos en pequeñas cantidades reduce el gasto de coagulante.

- Las algas son rápidamente coaguladas con polielectrolitos catiónicos.
- Todos los polielectrolitos no son igualmente efectivos con todas las aguas.
- Dosis excesivas de polielectrolitos producen dispersión en lugar de ayudar a la coagulación.
- Deben los polielectrolitos añadirse en forma de solución diluida para asegurar una completa mezcla.

Clasificación de los polielectrolitos

Los polielectrolitos de importancia en el tratamiento de agua pueden clasificarse así:

Los polielectrolitos aniónicos son aquellos que en medio acuoso presentan sitios negativos en su estructura, y los catiónicos son aquellos que presentan sitios positivos. Cuando las cadenas tienen sitios positivos y negativos, el polielectrolitos se llama anfotérico. Los no iónicos no presentan sitios ionizables y por lo tanto deberían recibir la denominación de polímeros no iónicos. (Campos, 2000)

1. Polímeros naturales, son los que producen en las reacciones bioquímicas naturales de animales y plantas, tales como proteínas, carbohidratos y polisacáridos (almidón, glucósidos). Muchos de estos componentes tienen propiedades coagulantes o floculantes y son usados por los nativos en forma empírica para clarificar el agua. Los que han dado mejor

rendimiento y vale la pena considerarlos para su uso en plantas de tratamiento son: los compuestos alginicos, los derivados de la tuna o nopal y los almidones. (Salazar, 2012)

Los almidones presentan una amplia gama de posibilidades. Su problema consiste en producir a partir de ellos compuestos solubles en agua. Algunas marcas comerciales de polielectrolitos son simples derivados de almidones.

Una de las ventajas de los polielectrolitos naturales es su baja toxicidad pues en muchos casos son empleados como alimentos o aditivos alimenticios. (Salazar, 2012)

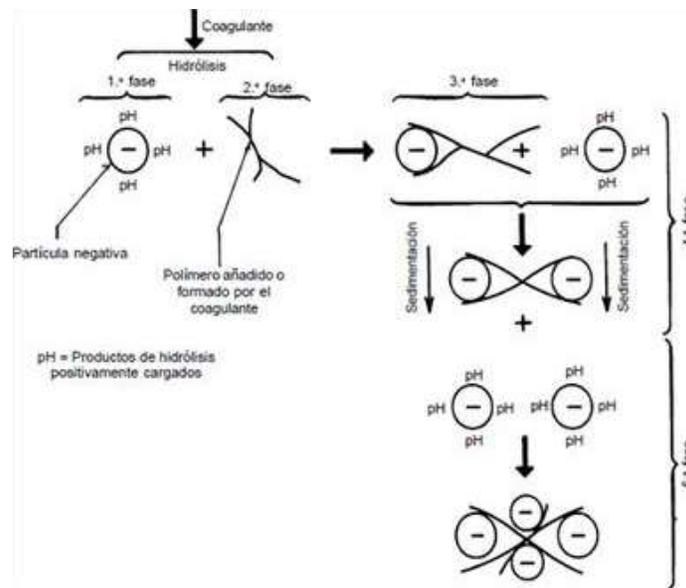
2. Polímeros sintéticos, son compuestos orgánicos producidos por medio de la transformación química de derivados del carbón y del petróleo. Incluye la mayoría de los polímeros manufacturados por la industria y de mayor venta comercialmente. Muchos, aunque no todos, se encuentran en forma de polvo seco. Otros son líquidos con concentraciones del 10% al 60% de polímeros activos. (Salazar, 2012)

En la actualidad existen más de 100 marcas comerciales de polielectrolitos sintéticos aprobados para el uso en agua potable. Pero hay muchos más cuya toxicidad es alta, debido a que se producen con monómeros que pueden causar serios daños a la salud y no deben por eso utilizarse nunca en plantas de tratamiento de agua.

“Se pueden emplear los polímeros de hierro (III) y aluminio como coagulantes. Se recomienda el uso de policloruro de aluminio para el tratamiento de aguas blandas y turbias” (Salazar, 2012).

En la figura 1 se puede observar el proceso de coagulación con floculación con polímeros:

Figura 1: Modelo esquemático del proceso de Coagulación



Fuente: BARRENECHEA, Ada. OPS/CEPIS. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Manual I, Tomo I Capítulo 4: Coagulación. Versión en PDF. Lima, 2004.

Moringa oleífera (polímero natural)

Según dice (Gómez, 2010) que la semilla del marango contiene:

Contiene 17 aminoácidos (ácido aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), serina (Ser), glicina (Gli), histidina (His), arginina (Arg), treonina (Tre), alanina (Ala), prolina (Pro), tirosina (Tir), valina (Val), metionina (Met), cistina (Cis), isoleucina (Ile), leucina (Leu), fenilalanina (Fen) y lisina (Lis)). Campos et al. (2003), reportaron la presencia de estos aminoácidos en la fracción activa del marango, a excepción de la lisina. Este último aminoácido podría participar en la desestabilización de las partículas coloidales, responsables de la turbidez del agua y de su subsiguiente coagulación.

Los aminoácidos polares hidrofílicos presentes en la semilla del marango son: Glu, Asp, Arg, His y Lis, los cuales se presentan en el agente coagulante activo de las semillas del marango de tal manera que este coagulante puede estar formado principalmente de una o varias proteínas o cadenas polipeptídicas solubles en agua permitiendo mayor contacto con las partículas coloidales presentes en agua turbias y así mejorando la función coagulante de las semillas.

Así también dice: (Radovich, 2001):

El marango (*moringa oleífera* Lam - Moringaceae) es originario de India y Bangladesh. Se encuentra distribuida en las zonas del Sur y Sudeste de Asia. Se adapta muy bien en los trópicos y subtropicos (Radovich, 2009). Las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas son temperaturas entre 25-30 °C, una precipitación anual de 1,000 a 2,000 mm, alta radiación solar y suelos bien drenados. El marango es un árbol de crecimiento rápido que puede alcanzar una altura de 7 a 12 metros hasta la corona. Esta especie se caracteriza por poseer 20 a 30 cm de diámetro, raíces fuertes profundas y un ciclo de vida relativamente corto, con un promedio de 20 años. Los frutos son cápsulas trilobuladas, conocidas como vainas, las cuales varían de color de acuerdo al estado de madurez, verde cuando son inmaduras o rojizas cuando están maduras. Las vainas secas contienen aproximadamente de 15 a 20 semillas.

Sus hojas y semillas, tienen un alto contenido de proteínas y bajo contenido de toxinas (Foidl et al., 2001; De Saint Sauver y Hartout, 2001), incluso se han realizado estudios para determinar el riesgo potencial al utilizar semillas de esta planta en el tratamiento de aguas y a la fecha todos estos estudios han concluido que no hay evidencia de un efecto agudo o crónico en los humanos, particularmente porque se requiere bajas dosis para el tratamiento de aguas ((Folkard, Geoff; Sutherland, John y Shaw Rod, 2000), como se cita en (Morales, MÉNDEZ, & TAMAYO, 2009)

“La planta se adapta a suelos duros o pesados y aún en suelos pobres franco arenosos, el terreno donde se planta debe poseer buen drenaje ya que esta planta no soporta el encharcamiento, soporta terrenos ácidos con un PH hasta de 6.5” (Colmoringa, 2010)

“Es una de esas especies resistentes que requieren poca atención hortícola y crece rápidamente, hasta 4 metros en un año. En condiciones ideales en Colombia ha crecido 5 centímetros en un día. La planta es propia de las tierras bajas y cálidas, pero se le puede encontrar en terrenos soleados a alturas hasta de 1.200 msnm” (Colmoringa, 2010)

Figura 2: Moringa oleífera



Fuente: MADRIGAL, H. L., & otros. <http://www.academiadecienciasrd.org>.

Moringa en el tratamiento de agua

Según (Lédo & otros, 2009) dice:

En un estudio comparativo del sulfato de aluminio y las semillas del marango para la depuración de aguas con baja turbiedad realizado en la laguna de Jiqui, estado del Rio Grande del Norte, Brasil. Se encontró que las semillas del marango tienen una eficiencia ligeramente inferior que la observada con el sulfato de aluminio. Lo anterior, junto con otros estudios realizados a partir de la década de los 80, justifica el uso de las semillas del marango como coagulante para el tratamiento de agua.

Y (Okuda & otros, 2001) en su artículo dice que:

La mejora de la extracción del coagulante de la semilla del marango se llevó a cabo utilizando diferentes soluciones acuosas tales como lo son el cloruro de sodio, el nitrato de potasio y el nitrato de sodio para la extracción del componente activo de las semillas. Donde se describe que la eficiencia del marango es de 95% la cual baja a 78% si no se usa cloruro de sodio.

Además, (Núñez E. , 2007) dice:

En Honduras se realizó un estudio sobre la validación de la efectividad de la semilla del marango como coagulante natural del agua destinada al consumo humano en la región del Yeguaré. En el que se obtuvo una eficiencia de un 98% en semillas con cascara y un 93% sin cascara. Estos rendimientos obtenidos están en un ámbito de turbidez de 150 a 500 UNT y se observó mayor eficiencia del coagulante de las semillas del marango en turbidez altas. Además, las dosis óptimas para alcanzar este rendimiento fueron de 0.1 y 0.2 g/L

Y (Gómez, 2010) dice:

La extracción del coagulante de la semilla de marango es viable para el tratamiento de agua con baja turbidez. No obstante, la evaluación indicó que el mejor tratamiento es la aplicación de semilla con cáscara junto con la adición de NaCl (CcNaCl) en una dosis de 25 mL/L que resulta en una eficiencia de 69%. Se encontró que las variables determinan la eficiencia son la presencia de NaCl y la dosis de marango. Se comprobó que la presencia del NaCl potencializa la función del coagulante del marango debido a que se presentan los mejores rendimientos en los tratamientos que contienen NaCl en combinación con el componente activo del marango esto sucede porque el NaCl favorece la solubilidad de la proteína con propiedades coagulantes en el agua turbia provocando que exista mayor área de contacto y resultando en una reducción de turbidez.

Las propiedades coagulantes del marango han sido estudiadas durante la última década. La purificación y la caracterización del componente activo del marango han sido de alto interés para determinar los mecanismos de coagulación y compararlo con el sulfato de aluminio. Se ha comprobado que el marango puede ser utilizado para el tratamiento de agua con cascara o sin cascara. La acción del marango en el agua se debe a la presencia de proteínas catiónicas solubles. Las proteínas están densamente cargadas con un peso molecular de 13Kda. La absorción-neutralización de cargas son los principales mecanismos de coagulación presentes en el tratamiento con marango (Ndabigengesere A. S., 1995). Los estudios comparativos del marango y el sulfato de aluminio para el tratamiento de agua demuestran que el marango es una alternativa viable como coagulante para el tratamiento de agua potable en países en vías de desarrollo. Una de las ventajas del marango es que no es necesario controlar el pH a diferencia de los tratamientos con sulfato de aluminio. (Ndabigengesere A. e., 1998) Moringa oleífera es de bajo costo y de fácil acceso para familias que viven en zonas rurales pobres.

Las propiedades coagulantes de moringa oleífera han sido estudiadas durante la última década. La purificación y la caracterización del componente activo de moringa Oleífera han sido de alto interés para determinar los mecanismos de coagulación y compararlo con el sulfato de aluminio. Se ha comprobado que la moringa oleífera puede ser utilizada para el tratamiento de agua con concha o sin concha. La acción de la moringa oleífera en el agua se debe a la presencia de proteínas catiónicas solubles. Las proteínas están densamente

cargadas con un peso molecular de 13Kda. La absorción - neutralización de cargas son los principales mecanismos de coagulación presentes en el tratamiento con moringa oleífera (Ndabigengesere A. S., 1995)

Moringa oleífera en la purificación de aguas

Con la almendra de moringa oleífera molida, se obtiene la purificación de aguas turbias hasta volverlas potables en algunos casos. De igual forma se procede con las aguas de piscinas, tanques, reservorios. Las mieles de caña de azúcar también se purifican con el mismo sistema, evitando la utilización de clarol (Madrigal & otros, 2012).

Figura 3: Almendra sin cáscara y semilla entera para la purificación de aguas y mieles, previo proceso de trituración



Fuente: MADRIGAL, H. L., & otros. *<http://www.academiadecienciasrd.org>*.

El grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Leicester, Inglaterra, ha estado estudiando el uso potencial de coagulantes naturales a gran escala en centros depuradores de agua. El trabajo ha estado investigando las propiedades naturales de la semilla triturada del árbol moringa oleífera.

La moringa (*Moringa oleífera*) es un árbol originario del corazón de Asia. Según (Madrigal & otros, 2012) dice:

Se esparció por todo el mundo en las mochilas de los soldados de Su Graciosa Majestad. Su belleza, el encanto de sus flores blanco-amarillas y su rapidez para crecer, convirtieron a este árbol en privilegiado candidato para adornar los jardines ingleses. Ya antes, la moringa era conocida en China y allí había despertado el interés de las mujeres. Obligadas a dar de beber a sus hijos las terrosas aguas del gran río Yangtzé, habían descubierto que las semillas de aquel hermoso árbol que sombreaba su casa tenían el don de arrastrar la suciedad del agua hasta el fondo de la vasija donde la almacenaban y el lodo del pozo no volvía a la superficie.

El agua quedaba transparente y limpia. También descubrieron las mujeres que, para obtener este efecto, era necesario agitar el agua con las semillas de la moringa. Ellas

lo hacían a su manera: agarraban las semillas y las restregaban hasta desgastarlas contra las ásperas paredes de las vasijas de arcilla donde guardaban el agua.

Naturalmente, estos conocimientos los adquirieron las mujeres chinas a lo largo de los años, observando, compartiendo experiencias, comentando unas con otras, mediante ese proceso de prueba y error que ha hecho avanzar la ciencia hasta llegar a los prodigios que hoy tanto nos sorprenden.

Las mujeres egipcias y sudanesas venían observando que en las orillas del Nilo hay una arcilla que, al mezclarla en pequeñas cantidades con el agua turbia del río, la clarificaban. Unas horas después de mezclar esta arcilla con el agua, ésta quedaba transparente y cristalina, como la de los arroyos de montaña. La arcilla "milagrosa" servía, pero con algunos inconvenientes. Es escasa, se localiza en unos lugares sí y en otros no y no es fácil su comercialización. Además, es un recurso no renovable: cuando se acaba, se acabó.

En su búsqueda de tradiciones, cuentos y costumbres de las poblaciones ribereñas del Nilo, apareció Samia Al Azharia Jahn, científica de amplio espectro, con estudios y postgrados en Química, Biología, Medicina, Genética, Botánica y Fisiología descubrió que sus semillas necesitaban de un mínimo tratamiento para producir el efecto deseado. Era necesario machacarlas en un mortero, preferiblemente de madera,

hasta reducir las a polvo y así mezclarlas con el agua. Tanto las semillas pulverizadas como las arcillas, necesitaban que se agitara el agua mezclada con ellas durante un rato para que el agua quedara limpia. Este proceso remueve 90 a 99.9% de bacteria que se adhiere a las partículas sólidas, por lo tanto, limpiando el agua.

¿Cómo queda purificada el agua? La limpieza es efecto de la diferencia de cargas eléctricas que se establece entre las partículas que se encuentran en suspensión en el agua y la ensucian y las partículas pulverizadas de la arcilla o de la semilla de la moringa. Las corrientes eléctricas aglutinan las partículas en suspensión en torno a las partículas de las semillas. Después de un rato, lo que empezaron siendo muchas partículas microscópicas que por su poco peso permanecían suspendidas en el agua sin dificultad, se van convirtiendo en gruesas macropartículas, cada vez más grandes, hasta que la fuerza de la gravedad las arrastra hacia el fondo.

Figura 4: Agua no tratada y tratada con moringa oleífera



Fuente: MADRIGAL, H. L., & otros. <http://www.academiadecienciasrd.org>.

(Madrigal & otros, 2012) dice que:

La moringa no garantiza que el agua quede totalmente libre de gérmenes patógenos. El agua se limpia, pero no se convierte en agua totalmente purificada. Pero al reducir drásticamente la cantidad de partículas en suspensión, también se reduce la cantidad de microorganismos, pues éstos viven en torno a las partículas. Más aún, los microorganismos quedan apresados entre las gruesas macropartículas que caen al fondo del recipiente, de donde ya no pueden liberarse.

La moringa no convierte el agua cruda en agua purificada y sin gérmenes esto sólo se logra con tratamiento químico o hirviéndola, pero deja el agua potable, digna de consumo humano.

Aunque hasta ahora la moringa sólo se utiliza de forma artesanal en recipientes caseros, puede emplearse en la purificación de aguas para el uso de grandes comunidades humanas, de ciudades. Todo lo que hay que hacer es poner en el agua mayor cantidad de semillas. La proporción adecuada es 2 gramos de semillas pulverizadas por litro de agua, cuando ésta está totalmente lodosa. Después, ya es cuestión de observación del agua y cálculo de dosis. La moringa nunca altera el sabor del agua.

La moringa no sólo purifica el agua para su consumo. También puede limpiar las aguas servidas para que no conviertan ríos, mares o lagos en cloacas. Con la moringa, los desagües se transformarían en nuevos afluentes artificiales que aportarían a los ríos más agua, y agua limpia, garantizando así su vitalidad.

Producción semilla

Cada árbol produce anualmente un promedio de 4 kilos de semilla, para un total de 2,800 kilos hectárea/año, con el 35% de aceite. Como subproducto de la extracción del aceite se

obtiene la torta de moringa con un 60% de proteína, materia prima para la fabricación de concentrados para animales, o comida directa para los mismos. (Madrigal & otros, 2012)

Para la producción de eucalipto, se requiere de unas 8,000 hectáreas, cuyos árboles iniciarían producción entre los 3 y 5 años después de sembrados, mientras que con Moringa oleífera se puede iniciar la producción a los 45 días después de su germinación. (Madrigal & otros, 2012)

En una hectárea de terreno franco-arenoso con abundante materia orgánica y a menos de 1,000 msnm, se plantan de 800 a 1,100 plántulas con una distancia entre sí de 3.50 a 3 metros, en huecos de 30x30x30 centímetros, se pueden sembrar entre 700 y 1,100 árboles de moringa oleífera, los cuales inician producción de fruta para semilla a los 12 meses. Una vez el fruto madura y presenta un color pardo oscuro, empieza la producción de semilla destinada a nuevas siembras, o a su consumo tostada como el maní, o molida para purificación de aguas y miel, o para la extracción de aceite comestible o destinado a la elaboración de biodiesel. (Madrigal & otros, 2012)

Es una planta de rápido crecimiento y fácil de propagar, tanto por semilla o por reproducción asexual (estacas), por kilo de semilla vienen de 3.200 a 3.500 unidades, la germinación esta entre el 70 y el 98%, disminuye notablemente cuando la altura de siembra pasa de los 1.200 metros sobre el nivel del mar. Las semillas se seleccionan tomando en

cuenta dos variables importantes, vainas de mayor tamaño y semillas provenientes de la parte central de la vaina. Es un cultivo perenne; dependiendo del cuidado y fertilización dura de 5 a 20 años. (Colmoringa, 2010)

Para el vivero se recomienda un sustrato elaborado con el 30% de arena o de cascarilla de arroz, 40% de tierra negra y 30% de materia orgánica previamente cernida. Se utilizan bolsas de una libra o kilo, las cuales deben llenarse evitando espacios de aire o exceso de compactación de la tierra. Se construyen los semilleros colocando un bloque de tres hileras cada uno y un espacio de 0.50 metros entre bloque. Después se siembra la semilla directamente en la bolsa utilizando una semilla por postura a una profundidad de 1 a 2 cm. máximo. Es bueno realizar por lo menos tres riegos profundos antes de colocar las semillas, para evitar espacios de aire y para que germine las semillas de malezas en la bolsa y luego hacer el control manual. En caso en que los semilleros sean mantenidos a cielo abierto se recomienda, luego de haber depositado la semilla en la bolsa, colocar una cubierta de paja o costales de fique, para mantener la humedad y evitar desenterrar la semilla durante el riego. A fin de mantener húmeda la tierra se riega en los primeros 15 días con una regadera, un día sí, otro no, iniciando el momento de la siembra y tomando en cuenta los días de precipitación pluvial, para no duplicar el riego. (Colmoringa, 2010)

El manejo del vivero consiste en regar las plantas o al menos dos veces por semana, realizar el control manual de malezas, es importante retirar la cubierta o paja seca en una

semana después de haber emergido las plántulas. Es importante para el control y manejo que las acciones correctivas sean realizadas a tiempo, por ejemplo el control de insectos, aplicación de soluciones nutritivas. (Colmoringa, 2010)

El trasplante a campo definitivo se realiza a los 90 días, aunque por la influencia del clima se recomienda la altura de la planta y no a los días, la altura ideal para trasladar las plántulas es cuando alcanzan una altura entre 30 a 60 cm, se puede realizar la primera poda 8 días antes del trasplante al sitio definitivo. El trasplante debe realizarse en horas frescas, es recomendable por la tarde, así se evitará el estrés de las plántulas, durante el trasplante debe tomarse en cuenta que el invierno ya esté totalmente establecido con lluvias frecuentes, conviene regar las plantas un día antes del trasplante, el agujero para plantar en el campo definitivo debe tener de 30 a 40 cm de profundidad, se debe haber encalado 30 días antes. Al plantar debe tenerse cuidado de no dañar las raíces al romper la bolsa. Para ello debe cortarse diametralmente la bolsa con una navaja bien afilada, luego colocar la bolsa en el hueco y halar la bolsa de la parte superior hasta que la planta quede liberada de la bolsa, esta operación se debe realizar en el hueco, no olvide recoger las bolsas plásticas. (Colmoringa, 2010)

EL árbol crece sin necesidad de fertilizantes. Sin embargo, se recomienda la aplicación de fuentes nitrogenadas para favorecer la formación de la proteína, que es el potencial de esta planta. En la India han demostrado que una aplicación de 7.5 Kg. de estiércol compostado

más 0.37 Kg de sulfato de amonio por árbol permite triplicar el rendimiento de vainas. El cultivo ideal debe ser orgánico. (Colmoringa, 2010)

Para facilitar la recolección de las semillas se recomienda mantenerlo máximo a 2.5 metros de altura. Los árboles mayores de tres años, pueden podarse a una altura de 1 metro o metro y medio, el árbol se recupera a los dos o tres meses en época de lluvia y vuelve a producir flores y vainas en un año. Se calcula que un árbol joven produce de 400 a 600 vainas y un árbol maduro puede producir hasta 1.600 vainas. La moringa normalmente florea y fructifica una vez al año, pero en algunas regiones lo hace dos veces. La producción de semilla está entre 1.000 a 5.500 flores por planta por año. (Colmoringa, 2010)

La moringa florea y fructifica siempre que tenga humedad disponible. Si las lluvias son continuas al largo del invierno, el rendimiento será constante y la floración puede marcarse dos veces. En condiciones de aridez puede inducirse la floración por medio de riegos. Cuando se produce semilla para la reproducción, las vainas deben dejarse secar en el árbol hasta que tomen un color café. La cosecha debe realizarse antes que las vainas se abran y caigan las semillas. Los costales con las semillas deben guardarse en lugares ventilados y secos bajo sombra. Durante la época de cosecha debe evitarse el jaloneo de las vainas pues esto desgaja las ramas. (Colmoringa, 2010)

Figura 5: Vivero Coalcoman, Mich.



Fuente: MADRIGAL, H. L., & otros. <http://www.academiadecienciasrd.org>.

Lista de coagulantes naturales de origen vegetal

En 1988, Jahn publicó una lista de coagulantes naturales de origen vegetal que tradicionalmente se habían utilizado en África subsahariana, la India y América del Sur. Entre ellos, se encontraban las semillas de almendra, albaricoque, melocotón, Cactus Opuntia, legumbres, guisantes, lentejas, nueces, habas, guar y moringa oleífera. Algunos de ellos han sido estudiados con mayor profundidad, proporcionando resultados positivos en relación a su actividad coagulante.

A continuación, se muestran las especies de coagulantes naturales más estudiadas en la actualidad. (Fayos, 2007)

- *Strychnos potatorum* (Tripathi et al., 1976; Adinolfi, 1994; Chaudhuri, 2005)
- *Moringa Oleífera* (Folkard et al., 1986; Olsen, 1987; Sutherland et al., 1994; Muyibi et al., 1995a; Muyibi et al., 1996; Ndabigengesere et al., 1998; Okuda et al., 1999, Dorea, 2006)
- Okra (Al-Samawi et al., 1996)
- *Mandioca* (Leiva et al., 1997)
- Arroz (Leiva et al., 1998)
- Almidón (Hamidi et al., 1998; Hamidi et al., 2000)
- *Cactus Latifaria* y *Prosopis juliflora* (Diaz et al., 1999)
- Taninos de *Valonia* (Özacar et al., 2000, 2002, 2003)
- Tamarindo (Mishra et al., 2006)
- *Samanea saman* (González et al, 2006)
- Algas marinas (Kawuamura, 1991)
- Alubia blanca (Liew et al., 2004)
- *Cactus* (Zhang et al., 2006)
- Tuna *Opuntia Cochinelifera* (Almendárez de Quezada, 2004)
- Maíz dulce (Raghuwanshi et al., 2002)

“De todos los coagulantes naturales, el coagulante primario de origen vegetal más conocido y estudiado en la actualidad es la semilla de moringa oleífera” (Fayos, 2007)

Procesos de extracción de aceite de moringa oleífera

Los lípidos son componentes biológicos que son solubles en solventes no polares y son insolubles en agua, entre los lípidos se encuentran los aceites, dicha denominación hace referencia únicamente al estado físico líquido de los lípidos. Los aceites son ésteres formados por la condensación (unión) de ácidos grasos con glicerol, son los compuestos más estables y no son fácilmente degradables (Cisterna, 2010), como se cita en (García & otros, 2013)

Existen 3 tipos de procesos extracción de aceite de moringa oleífera así:

Extracción por prensado.

(Fernández, 2018) dice:

Se aplica a frutos y semillas oleaginosas, complementando generalmente el prensado con la extracción por solventes. Previamente, las semillas deben pasar por las etapas de preparación de limpieza y descascarillado, una vez que las semillas han sido molidas de tal forma de desgarrar las células para dejar en libertad el aceite contenido en ellas, se las somete al prensado.

El material vegetal es sometido a presión, bien sea en prensas tipo batch ó en forma continua, dentro de éstos se tienen los equipos: Tornillo sin fin de alta ó de baja presión, extractor expeller, extractor centrífugo, extractor decanter y rodillos de prensa. Antiguamente se empleó el método manual de la esponja, especialmente en Italia, que consiste en exprimir manualmente las cáscaras con una esponja hasta que se empapa de aceite, se exprime la esponja y se libera el aceite, como se cita en (García & otros, 2013)

Extracción con solventes.

El material previamente debe de ser molido, macerado ó picado, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. El proceso ha de buscar que el sólido, ó el líquido, ó ambos, estén en movimiento continuo (agitación), para lograr mejor eficiencia en la operación. Se realiza preferiblemente a temperatura y presión ambientes. El proceso puede ejecutarse por batch (por lotes ó cochadas) ó en forma continua (percolación, lixiviación, extracción tipo soxhlet). Los solventes más empleados son: Etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona, cloroformo; no se usan clorados ni benceno por su peligrosidad a la salud. Los solventes se recuperan por destilación y pueden ser reutilizados (Sánchez Castellanos, 2006), como se cita en (García & otros, 2013)

Extracción con fluidos supercríticos.

Es una técnica de separación de sustancias disueltas o incluidas dentro de una matriz, basada fundamentalmente en la capacidad que tienen determinados fluidos en estado supercrítico (FSC) de modificar su poder disolvente, el cual se encuentra entre el líquido y el gas, por lo que puede penetrar en los sólidos con mayor facilidad. Las ventajas de utilizar un fluido supercrítico en el proceso de extracción es que existe una alta velocidad de difusión, además de que es una reacción limpia para el medio ambiente ya que se caracteriza por la ausencia de solvente residual en el producto final, como se cita en (García & otros, 2013).

Extracción por arrastre con vapor.

Es llamada también: destilación por arrastre de vapor, extracción por arrastre, hidrodifusión o hidroextracción, steam distillation o hydrodistillation. Sin embargo, no existe un nombre claro y conciso para definirla, debido a que se desconoce exactamente lo que sucede en el interior del equipo principal y porque se usan diferentes condiciones del vapor de agua para la obtención. Es así que, cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado fuera del equipo principal, es llamado “destilación por arrastre de vapor”. Cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua que genera el vapor, se le llama “hidrodestilación” (Cerpa, 2007).

Ventajas y desventajas del uso de moringa oleífera

Según (Moreno, 2018) dice:

Entre las principales ventajas que presenta el uso de esta semilla destacan su bajo coste, la biodegradabilidad del lodo producido así como la estabilidad del pH del agua tratada con dicha sustancia. Por su parte, los extractos salinos y acuosos crudos de moringa han mostrado una gran eficacia como coagulante primario natural, alcanzando una reducción de la turbiedad elevada (entre 92-99 %), y una producción de lodo residual menor que el producido por el sulfato de aluminio.

El principal inconveniente que presenta la moringa oleífera y el resto de coagulantes naturales, es que cuando se adicionan al agua en forma de semillas pulverizadas, incrementan la carga orgánica de ésta de manera significativa añadiendo hasta un 90% de sustancias orgánicas que no actúan como agentes floculantes. Este hecho, impide almacenar el agua tratada por un tiempo superior a 24 horas, como se cita en (Fayos, 2007)

Las investigaciones entorno a la moringa, se centran en la caracterización del compuesto activo bien sea proteína; o polielectrolito, en la purificación del compuesto activo por métodos sencillos o en el estudio de sistemas alternativos que permitan la utilización de los

extractos coagulantes para la clarificación de agua, tales como su combinación con filtración en lecho de arena como se cita en (Fayos, 2007)

(García B. , 2007) dice:

Asimismo, se estudia la efectividad de los coagulantes naturales en comparación con el sulfato de aluminio y su aplicación a escala piloto en sistemas de coagulación-floculación-filtración, en sistemas comunitarios de potabilización en comunidades rurales y en filtración directa con lechos filtrantes duales compuestos por *Strychnos potatorum* y moringa oleífera o de arroz. También se ha estudiado la expresión de la proteína coagulante recombinante de moringa oleífera a través de microorganismos, tales como la *Escherichia coli*, para su producción en continuo.

También, es importante describir la evaluación de proyectos de inversión desde el punto de vista administrativo, aspectos tales como: la planeación estratégica, estructura organizacional, estructura legal y responsabilidad social corporativa. A continuación, se detallan cada una de ellas.

Planeación Estratégica

Características de la Matriz DOFA.

Una matriz DOFA tiene las siguientes características (Enciclopedia Económica, 2017):

- Es un diagnóstico certero y completo de una empresa o proyecto en particular.
- Se utiliza cuatro aspectos para su desarrollo: Fortaleza, debilidades, oportunidades y amenazas.
- Consta de un análisis interno en donde se desarrollan los elementos fortaleza y debilidades.
- Para el análisis externo intervienen los otros dos elementos amenazas y oportunidades.

Cómo hacer una matriz DOFA.

Para realizar la matriz DOFA se deben realizar 3 pasos:

1. Plantear el objetivo, "definir el propósito por el que se va a realizar, para que todos los participantes tengan claro su objetivo" (Enciclopedia Económica, 2017).

2. Realizar la matriz DOFA, “Se deben identificar debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas.

Debilidades: Son todos los aspectos en los que se puede mejorar, como falta de experiencia o acciones en las que se destaque la competencia y este afecte la imagen.

Oportunidades: Desarrollar un plan para aprovechar las ventajas y fortalezas para explotarlas al máximo. Lo que marcará la diferencia ante la competencia.

Fortalezas: Se debe tener claro todos los aspectos positivos del negocio, puede ser un excelente servicio, equipo de trabajo o haber recibido certificaciones.

Amenazas: Se debe tener conocimiento tanto del panorama del mercado, como las estrategias de la competencia. Tener claro las debilidades, que es prevenir cualquier amenaza para la empresa”. (Enciclopedia Económica, 2017)

3. Definir estrategias, “para definir las debes comparar cada elemento de la matriz FODA con otro. Las fortalezas con las oportunidades para trazar el enfoque de éxito. Las fortalezas con las amenazas para el enfoque de reacción, las oportunidades con las debilidades realizarás una estrategia de adaptación. Y por último, al evaluar las amenazas traza el enfoque de supervivencia.

Una vez definida las estrategias, llevar a cabo la ejecución del plan establecido”. (Enciclopedia Económica, 2017)

Estructura Organizacional

Tipos de una Estructura Organizacional.

Generalmente, se distinguen en 3 tipos de estructuras organizacionales:

1. Estructura Funcional,

(ITM Platform, 2015) afirma que:

La estructura funcional es una estructura jerárquica clásica donde cada empleado tiene un superior definido. En el nivel superior la empresa se organiza por las funciones desempeñadas (contabilidad, ingeniería o producción, por ejemplo). Los miembros de la plantilla responden únicamente al superior de su departamento, por lo que busca una línea directa de comunicación entre los niveles inferiores y superiores. Cada área se puede subdividir a su vez en unidades funcionales más específicas. Cada departamento realiza el trabajo y las actividades del proyecto de manera independiente, enmarcando los proyectos dentro de las áreas funcionales de la organización. En este tipo de estructura los proyectos que requieren de varios departamentos suele tener más dificultades para desarrollarse, ya que son transversales a la estructura organizativa.

2. Estructura orientada a proyectos,

(ITM Platform, 2015) afirma que:

En el caso de la estructura orientada a proyectos, la organización cuenta con un equipo dedicado a tiempo completo y un director de proyecto que se sitúa al máximo nivel dentro de la organización. Habitualmente se estructuran también en unidades departamentales; sin embargo todos ellos deben reportar directamente al director de proyecto. Como se puede ver, se trata de una estructura organizativa muy sencilla y con ciertas limitaciones, como la dificultad de transferir conocimientos a través de proyectos.

3. Estructura matricial, la estructura matricial es muy habitual en algunas empresas de servicios y en organizaciones que crecen con rapidez. Mezcla características de organizaciones funcionales y orientadas a proyectos. Se pueden distinguir tres tipos: (ITM Platform, 2015)

- Estructura matricial débil: es muy similar a una organización funcional, siendo el papel del director de proyecto más bien de coordinador o facilitador, es decir, hace las veces de ayudante y coordinador, por lo que no puede tomar decisiones de forma personal, pero tiene interlocución con todas las áreas funcionales involucradas en el proyecto. (ITM Platform, 2015)

- Estructura matricial equilibrada: cuenta con un director de proyecto que tiene una mayor autonomía que en la estructura matricial débil, pero no le confiere autoridad plena sobre el proyecto, especialmente sobre su financiamiento. (ITM Platform, 2015)
- Estructura matricial fuerte: coincide en muchas características con la organización orientada a proyectos, ya que tienen un director de proyecto y un equipo administrativo dedicados a tiempo completo, sin que por ello se modifique la estructura funcional. El director de proyecto posee autoridad plena sobre el mismo y actúa al mismo nivel que los responsables de las áreas funcionales. (ITM Platform, 2015)

Estructura Legal

Clases de una estructura legal.

El recurso (Accion, 2019) dice lo siguiente:

La estructura legal más común y simple es un empresario individual, o una empresa con un solo propietario. El propietario y la empresa son la misma entidad en el pago de los impuestos. Las ganancias de la empresa son ganancias personales y se gravarán

como ingreso personal. El propietario es responsable económicamente de su empresa y los bienes personales se usarán para cubrir las pérdidas o deudas que incurra la empresa.

Para ser una sociedad (partnership en inglés) se necesitarán dos o más propietarios para la misma empresa. Este tipo de estructura es muy similar a un empresario individual-todos los socios son responsables económicamente de las deudas de la empresa y los socios llevarán el cargo de los impuestos en forma proporcional.

La estructura de empresa más compleja y más difícil de obtener es la corporación. En una corporación los propietarios se separan de los inversores en cuanto a los impuestos y salarios, además no se los considera totalmente responsables por la deuda de la empresa.

Responsabilidad social corporativa

Ventajas de la responsabilidad social.

(Barragán, 2019) sustenta que para que la Pyme sea socialmente responsable se debe tener en cuenta los siguiente:

- Satisfacción del cliente y del empleado. Si su imagen es positiva, la Pyme conseguirá la lealtad del consumidor. Por su parte, un trabajador satisfecho es más productivo.
- Mayor influencia de la empresa en la sociedad y en los líderes de opinión. Si la empresa es honesta y transparente se ganará el respeto de los líderes de opinión.
- Diferencia positivamente la marca de la competencia.
- Atracción de inversores. Un inversor siempre preferirá una empresa bien posicionada socialmente.
- Reducción de costes. Acciones como el reciclaje o una menor emisión de gases pueden ayudar a reducir costes innecesarios.

Marco Legal

No se ha establecido la estructura legal ya que no se sabe en qué condiciones se van a conservar los datos o el cambio que genere de un periodo a otro, o los posibles inconvenientes.

Diseño Metodológico

Campo de Investigación

Esta investigación se encuentra en el área Ambiental en el campo de procesos físico-químicos y de tecnologías limpias, en este caso busca dar soluciones a los problemas que se están presentando en la “disposición final del agua potable del acueducto de Potosí” provenientes de la quebrada Yamuesquer del Municipio de Potosí – Nariño.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación dentro de la cual se enmarca el desarrollo de este proyecto, es de carácter Cuasi-Experimental, dentro del enfoque cuantitativo, desde un tipo evaluativo y descriptivo, ya que el desarrollo de ésta investigación se fundamenta en la cuantificación de datos como lo son parámetros físico-químicos entre otras, a través de pruebas de laboratorio y observación directa al proceso de remoción de color por medio de la utilización de moringa oleífera y su análisis por medio de un ensayo de jarras.

Línea de Investigación

De acuerdo a los lineamientos de la Corporación Universitaria UNITEC esta investigación pertenece a la línea de investigación cadenas de abastecimiento, productividad y competitividad la cual pretende mejorar la calidad del agua.

Se tendrá para tal fin que:

- Validar la tecnología de moringa oleífera
- Validar tecnología para purificación de aguas
- Análisis de laboratorio
- Realizar un análisis de DOFA

Hipótesis y Variables

Hipótesis

Es eficiente utilizar moringa oleífera como alternativas a los procesos de coagulantes convencionales para la remoción de color en aguas de baja turbiedad.

Variables

Variables Independientes: Dosificación de coagulante, tiempo de mezcla rápida, tiempo de mezcla lenta, tiempo de sedimentación.

Variables Dependientes: Calidad físico-química y microbiológica del agua.

Fundamento de las Técnicas y Métodos utilizados

Las técnicas utilizadas en el desarrollo experimental del presente trabajo de investigación son: método de Kjeldahl, método Soxhlet, cronografía de gases, maceración y ensayo de jarras.

Método de Kjeldahl

El método se basa en la determinación del porcentaje de proteína presente en una muestra biológica., el nitrógeno presente en los compuestos orgánicos se puede determinar mediante el método de Kjeldahl, en un proceso que comprende tres pasos: digestión, destilación y titulación.

Método Soxhlet

La extracción Soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas: 1) colocación del solvente en un balón. 2) ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo. 3) el condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior. 4) ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón. 5) Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente. (Núñez C. E., 2008)

Cromatografía de gases

Descripción del análisis:

Equipo: Cromatografía de gases Shimadzu GC17A

Columna: Columna capilar DB-WAX (J&W 30m x 0,25 mm x 0,25 μ m)

Detector: FID a 280 °C

Inyector: Split /splitlessrelación 1:10

Análisis de las muestras:

La identificación de los metil esterres de los ácidos grasos en la muestra de semilla de moringa oleífera se realiza mediante comparación de los tiempos de retención de una mezcla estándar de FAMES (Alltech, USA) analizada a las mismas condiciones. (Nariño U. d., 2013)

Maceración

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer.

Ensayo de jarras

Es la técnica más extensamente usada para la determinación de una dosis óptima de coagulante y otros parámetros, donde se busca hacer una simulación de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación de una PTAP a nivel de laboratorio. (Lorenzo & otros, 2006)

Se utilizan jarras al mismo tiempo con posibilidad de variación de la velocidad de agitación.

Influyen varios factores en este proceso como son: pH, temperatura, concentración de coagulante, ciclo para adición de sustancia coagulante, grado de agitación y tiempo de sedimentación.

Además, existen otros factores en el proceso:

1. Mezcla rápida, el tiempo de aplicación de la mezcla rápida depende de la clase del coagulante. Por ejemplo, los polímeros se distribuyen más lentamente que los iones metálicos debido a su mayor molécula, por lo tanto, requerirán mayor tiempo o mayor gradiente de velocidad que los coagulantes metálicos hidrolizantes. El tiempo y las rpm que se utilizan son las siguientes: 1-3 min, 30-100 rpm. Si la planta posee una razón de mezcla rápida. Si la planta no posee mezcla rápida definida se recomienda de 15-60 segundos entre 40-60 rpm. (Lorenzo & otros, 2006)

2. Mezcla lenta, generalmente, el tiempo de mezcla no excede de 20 minutos. Un tiempo excesivo puede crear calentamiento de la muestra originando una floculación más eficiente, pero a su vez una pobre sedimentación, ya que ocurre la liberación de los gases disueltos en el agua, formando burbujas que se adhieren a los flóculos y los hacen flotar. Es práctica de 3-20 min, 20-40 rpm. (Lorenzo & otros, 2006)

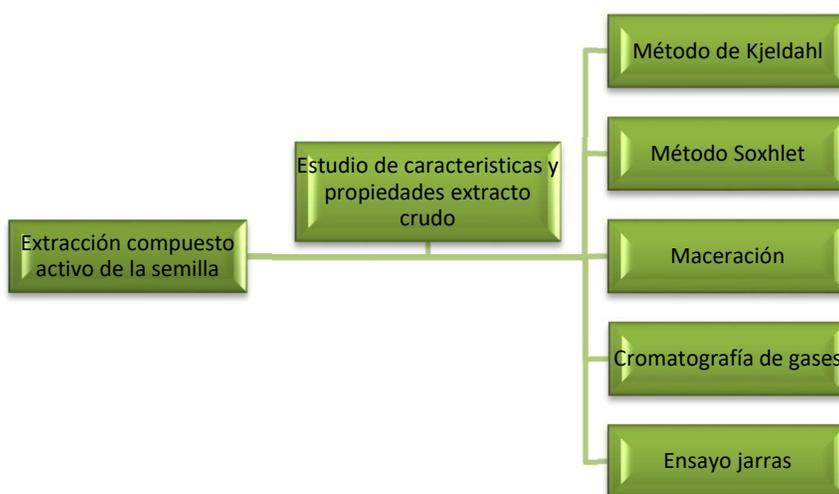
3. Reposo (Sedimentación), “se recomiendan 30min” (Lorenzo & otros, 2006)

Diseño Experimental

El diseño experimental que se desarrollara en la investigación es un diseño factorial 2^4 con dos repeticiones de cada prueba, siendo 2 el número de niveles que en este caso es mínimo y máximo, y 4 el número de variables independientes a trabajar para un total de 32 pruebas de jarras para cada coagulante (sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y extracto de moringa oleífera), el análisis de los resultados se desarrollaran en el paquete estadístico STAT GRAPICHS plus, mediante un análisis de variancia identificando como la variable de respuesta calidad fisicoquímica y microbiológica del agua.

La metodología seguida para la realización del estudio, se muestra de forma esquemática en el diagrama de la siguiente figura.

Figura 6 : Esquema de la metodología de identificación del extracto crudo.



Fuente: Esta investigación, 2019

Método de Kjeldahl

Este método tiene los siguientes procesos:

1. Digestión, en un balón Kjeldahl de 250ml, limpio y seco se agrega 0,2g e muestra biológica solida (harina de moringa oleífera), 1g de mezcla catalizadora y 5mL de ácido sulfúrico concentrado.

Coloque el balón en el digestor y se calienta suavemente durante 15 minutos para evaporar el agua. Se aumenta la temperatura de tal forma que los vapores de ácido sulfúrico lleguen solo hasta la mitad del cuello del balón. Mantener esas condiciones hasta que el contenido adquiera un tono verde amarillento (aproximadamente después de 30-60 minutos) y deje enfriar el balón al aire.

Depositar el contenido en el balón de destilación. Lave las paredes internas del balón Kjeldahl con unos 20 o 30 ml de agua destilada y agréguelo al balón de destilación.

2. Destilación, ponga a calentar el equipo de destilación. Una vez caliente, agregue lentamente hidróxido de sodio 40% hasta que el contenido del balón adquiera un tono café oscuro. En el extremo del condensador coloque un Erlenmeyer de 125ml con 20 ml de ácido

bórico al 4% y tres gotas de indicador de tashiroy. La punta del condensador debe estar bajo la superficie de la solución de ácido bórico. Se continúa el proceso hasta que la solución de ácido bórico vire completamente a azul. Se deja pasar vapor durante cinco minutos más, se saca la punta del condensador de tal manera que quede por encima de la superficie del líquido, se deja pasar vapor tres minutos más, se cierra la llave de paso y se retira el Erlenmeyer.

3. Titulación, el destilado recogido sobre el ácido bórico se titula con ácido clorhídrico 0,1 N hasta obtener una coloración similar a la del ácido bórico original. (Rosado).

4. Resultados, para hallar el porcentaje de nitrógeno presente en la muestra se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{1400(V_m - V_b) * N}{P_m}$$

Donde V_m = Volumen de HCL, en mililitros, gastado en la titulación de la muestra.

V_b = Volumen de HCL, en mililitros, gastados en la titulación del blanco

N = normalidad ácido clorhídrico.

P_m = peso de la muestra, en miligramos.

Método Soxhlet

Pese 2,0g del material seco a extraer y colocarlo en el balón o recipiente del extractor, previamente tarado y pesado, y adicionar los diferentes solventes en cada montaje, Ensamblar el equipo y colocar los solventes, iniciar la extracción y mantener por 2 horas, desconectar el extractor cuando acabe de drenar, recuperar el solvente en el rotavapor y pesar la grasa obtenida. A continuación, se muestra el procedimiento.

1. Maceración, se prepara una suspensión al 5% (p/v) de semillas pulverizadas en etanol al 95 %.

2. Cromatografía de gases, 200 μ L de extracto lipídico se colocan en un tubo de reacción de tapa rosca con 5mL de reactivo derivatizante (HCl/Metanol) durante 12 horas. La extracción de los metil ester de ácidos grasos se realiza con 2mL de n-Hexano grado HPLC (Fisher). (Nariño U. d., 2013)

Obtención del coagulante crudo primario

Se describe el protocolo seguido para la extracción del compuesto activo de la semilla de moringa oleífera y criterios utilizados para la selección de las semillas objeto de estudio así:

1. Selección de semillas, las semillas utilizadas en el presente trabajo de investigación fueron seleccionadas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Se han seleccionado semillas teniendo en cuenta su composición nutritiva, principalmente aquellas que posean un elevado contenido proteínas y/o polisacáridos. Estudios previos sobre coagulantes naturales indican que dichos compuestos están relacionados con actividad coagulante de las semillas. Tal es el caso de la Moringa Oleífera cuyo compuesto activo es una proteína (Ndabigengesere et al., 1995).

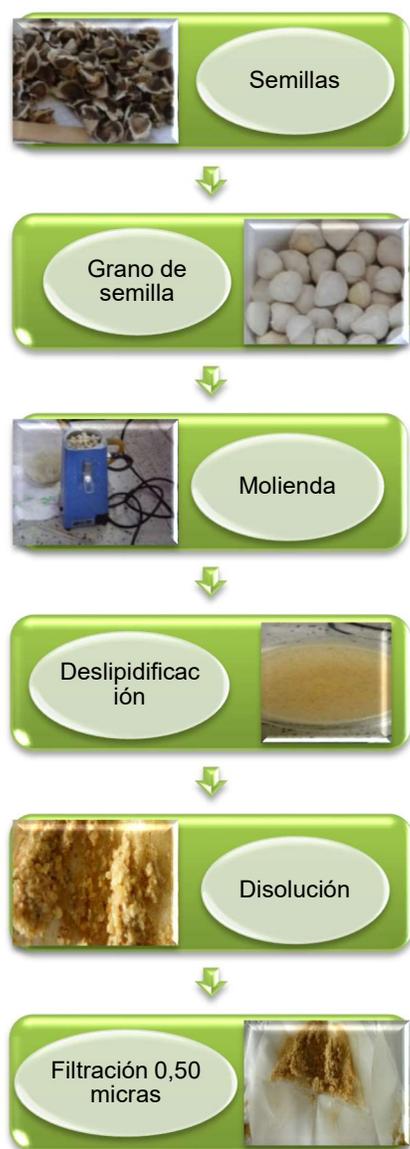
2. Extracción del componente activo, “el proceso de extracción del compuesto activo, se inicia con la extracción de las semillas, de las vainas o del interior de las frutas, manualmente o bien con la ayuda de un cuchillo” (Fayos, 2007).

Se muele las semillas de moringa oleífera con ayuda de un molinillo Analysenmühle A10, JANKE & KUNKEL, IKA Labortechnik. A continuación, se procede a la extracción del aceite de las semillas. Para ello, se preparan suspensiones al 5 % (p/v) de semillas pulverizadas en etanol al 95 %. La fracción de sólidos resultantes se deja secar a temperatura ambiente durante 24 horas. (Fayos, 2007)

Por último, se procede a la extracción del componente activo de las semillas, de los sólidos resultantes anteriormente, se pesan 10, 15, 25, 35 y 45g con la ayuda de la balanza Scout Pro OHAUS, se mezclan con 1 litro de disolución de NaCl 0.5M. Esta suspensión fue

batida en agitador magnético Ceramag Midi IKA WORKS USA durante 30 minutos a 400 RPM y filtrada en papel de filtro (6 μ m), procedimiento adaptado de (Fayos, 2007) y (Lédo & otros, 2009).

Figura 7: Proceso de obtención del extracto crudo de moringa oleífera



Fuente: Esta investigación, 2019

Proceso ensayo de jarras

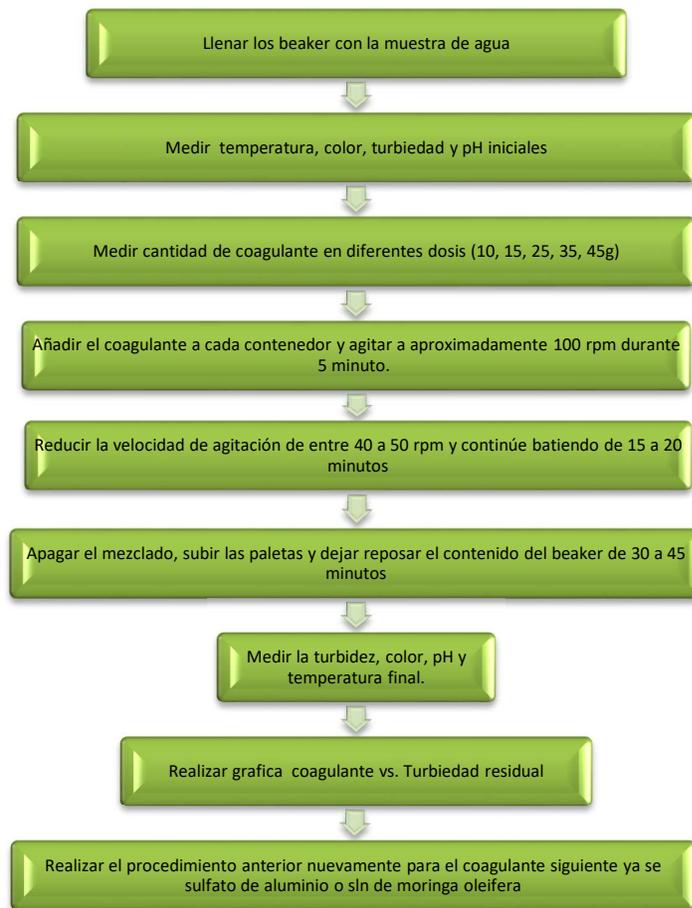
Este proceso tiene los siguientes factores:

1. Mezcla rápida, el tiempo y las rpm que se utilizan son las siguientes: 1-3 min, 30-100 rpm. (Lorenzo & otros, 2006). Dado que la planta posee una razón de mezcla rápida las condiciones para esta mezcla fueron de 1 min a 100rpm.

2. Mezcla lenta, es práctica de 3-20 min, 20-40 rpm. (Lorenzo & otros, 2006). Las condiciones para esta mezcla fueron de 20 min a 100rpm.

3. Reposo (Sedimentación), “se recomiendan 30min” (Lorenzo & otros, 2006).

Figura 8: Proceso ensayo de jarras



Fuente: Esta investigación, 2019

Tabla 3: Formato análisis de tratabilidad (prueba de jarras)

SITIO DE MUESTREO: _____ **HORA DE TOMA:** _____ AM _____ PM
FECHA: _____ **HORA DE ANÁLISIS:** _____ AM _____ PM
TOMADO POR: _____ **ANÁLISTA:** _____

| Vol. Vaso ml | pH | Color UPC | Turbiedad NTU | Alcalinidad mg/l | Temperatura | OBSERVACIONES |
|-----------------|----|--------------|------------------|---------------------|-------------|---------------|
| | | | | | | |

| JARRA Nº | DOSIFICACIÓN EN M3/LT | | OBSERVACIONES VISUALES | | AGUA SEDIMENTADA | | | PARAMETROS DE MEZCLA | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|----------|----------------------------------|-----------------------|------------------|--------------|--|----------------------|--------------------------------|------------|----------------|--------------|
| | Coagulante mg/lt | Polímero | Tiempo formación Floc. Min | Índice de Willcomb | pH | COLOR UPC | | Turbiedad NTU | Rápida r.p.m | Tiempo | Lenta r,p.m | Tiempo |
| | | | | Apare | | Real | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | 100 | 1 | 40 | 20 |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN | | | |
| 4 | | | | | | | | | Seg | min | horas | otros |
| 5 | | | | | | | | | 30 | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| OTRAS OBSERVACIONES: | | | CAUDAL ACTUAL l/s: | | | | | Dosis Optima: | | | | |

| INDICE DE WILLCOMB | |
|--------------------|--|
| 0 | Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación. |
| 2 | Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible |
| 4 | Disperso. Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido (sedimenta muy lentamente o no sedimenta). |

| | |
|----|--|
| 6 | Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud. |
| 8 | Bueno. Flóculo que deposita fácil pero no completamente. |
| 10 | Bueno. Flóculo que deposita fácil y completamente. |

Observaciones:

**Vo. Bo. RESPONSABLE RESULTADO DE
VERIFICACIÓN HOJA DE CÁLCULO**

Este formato es realizado a partir del formato de “ANÁLISIS DE TRATABILIDAD (PRUEBA DE JARRA)” de la Empresa de obras sanitarias de Pasto (EMPOPASTO).

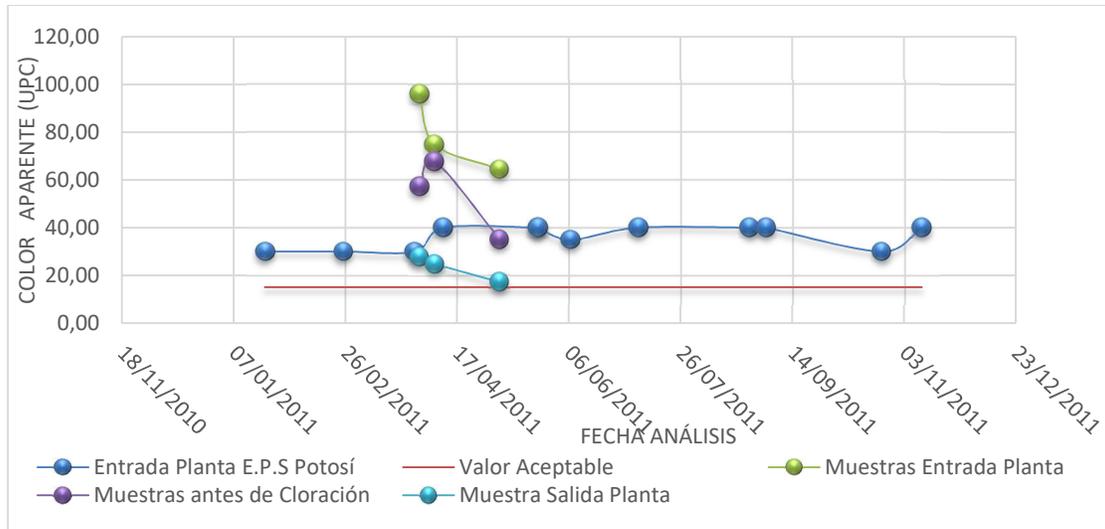
Resultados

Caracterización de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio de Potosí

Se realizaron ensayos preliminares a la PTAP del Municipio de Potosí para hacer una comparación con los valores consignados en el Instituto Departamental de Salud de Nariño.

En la gráfica n° 1 se muestra la comparación de resultados analizados en el Laboratorio de Hidráulica de Ingeniería Civil Universidad de Nariño con respecto a los datos estadísticos de color del Instituto Departamental de Salud de Nariño de la PTAP Municipio Potosí periodo 2010 - 2011, donde se puede notar que la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Potosí tiene una falencia en cuanto a procesos de coagulación – floculación, lo cual hace que los resultados de color aparente estén por encima de 15 UPC, valor máximo aceptable para consumo humano según el Decreto 1575 resolución 2115/2007 del Ministerio de Protección Social, Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007.

Gráfica 1: Comparación análisis de color año 2011



Fuente: Esta investigación, 2019

Caracterizar el compuesto activo de semilla de moringa oleífera

Se puede apreciar claramente en la tabla 4 qué se debería utilizar la semilla de moringa oleífera sin utilizar el método soxhlet para desengrasarla, en esta investigación se utilizó la maceración con alcohol como una alternativa, otra forma apreciable sería someter a presión la semilla y extraer el aceite para así conservar las proteínas.

Tabla 4: Reporte de resultados laboratorio bromatología

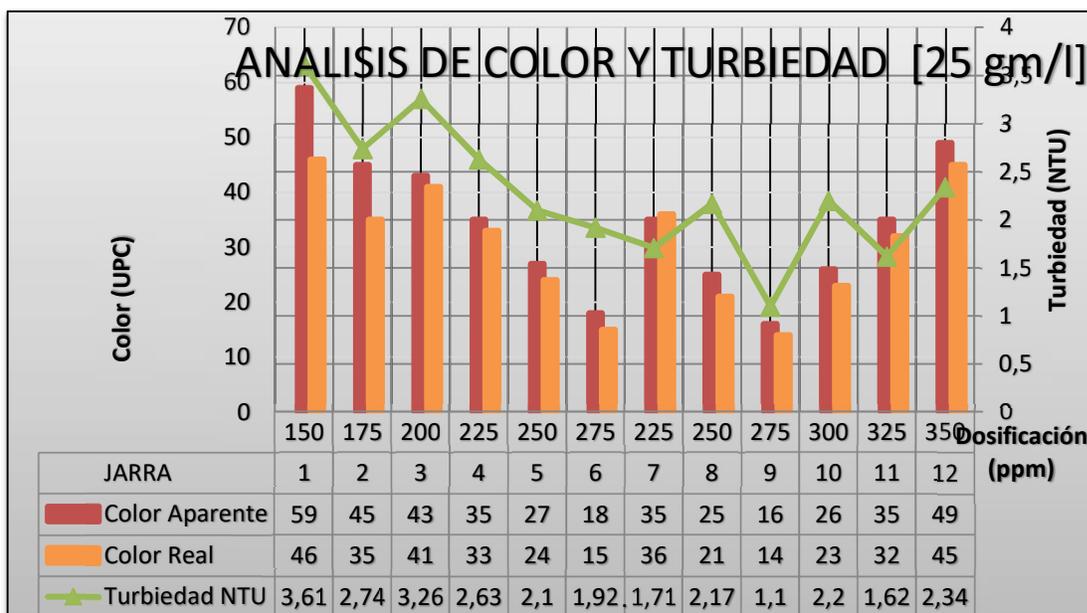
| Fecha muestreo | Fecha reporte | Datos muestra | PARÁMETROS | | | |
|----------------|----------------|--|------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | Base Parcialmente seca | | | Base seca |
| | | | Materia seca g/100g | Humeda d g/100g | Proteína cruda g/100g | Proteína cruda g/100g |
| 10/12/201 2 | 20/01/201 3 | Muestra semilla de moringa oleífera | 93,1 | 6,88 | 26,9 | 28,9 |
| 29/01/201 3 | 12/02/201 3 | Grano semilla de moringa oleífera | 94,9 | 5,15 | 41,3 | |
| 29/01/201 3 | 12/02/201 3 | Cascara semilla de moringa oleífera | 90,2 | 9,8 | 7,94 | |
| 20/02/201 3 | 28/02/201 3 | Semilla de moringa oleífera desengrasada | 92,0 | 8,05 | 27,2 | 29,6 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------------------------------------|---------------|-----|------------|------|
| 11/05/201 | 24/04/201 | Semilla de moringa oleífera a presión | 92,7 | 7,3 | 44,2 | 47,6 |
| 3 | 3 | | | | | |
| | | METODO: | Secado estufa | | Kjeldahl | |
| | | TECNICA: | Gravimetría | | Volumetría | |

Fuente: Esta investigación, 2019

Determinar la dosis óptima del extracto de moringa oleífera en el proceso de coagulación-floculación

Gráfica 2: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. (25 gm/l)

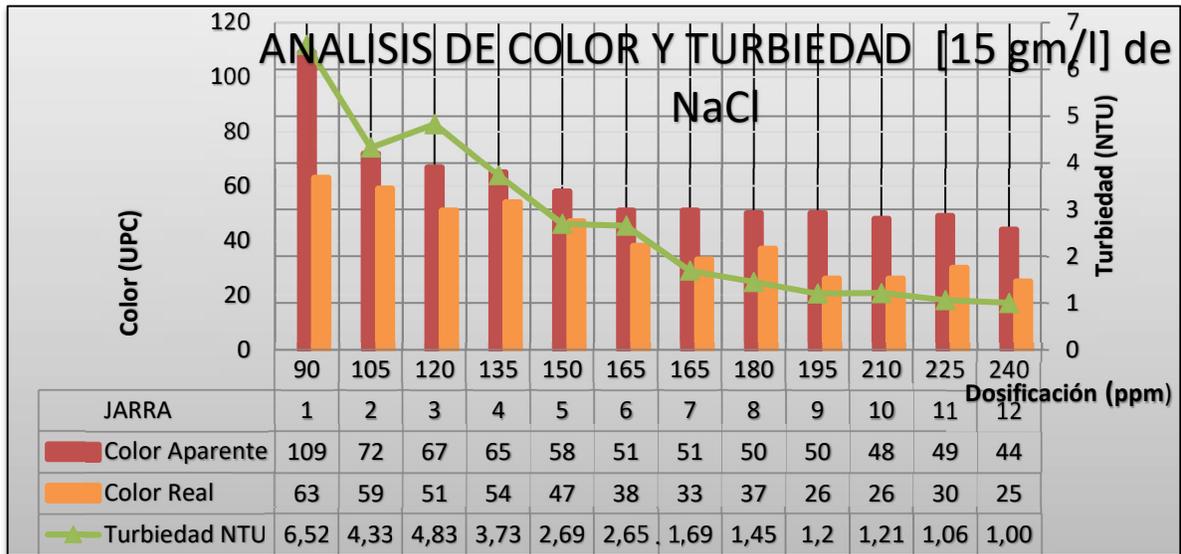


Fuente: Esta investigación, 2019

| Resultados Dosis Óptima: | |
|---------------------------------|--------------------|
| Dosis óptima: 150ppm ScNaCl | Jarra: 17 |
| Color Aparente: 43 UPC | Color Real: 37 UPC |
| Turbiedad: 1,86 NTU | |

Según se observa en la (Grafica. 2) al aplicar Moringa Oleífera extraída en NaCl y en solución salina en una dosis de (10mg/l) se obtuvieron remociones de color y turbidez de hasta (36 % y 47 %) respectivamente. Al aplicar la dosis de (15 mg/l) se aprecia que los flóculos formados tuvieron un valor más alto que la dosis aplicada anteriormente. Según se aprecia en la forma del histograma de color aparente en función de la dosis de coagulante (grafica 3), se podría decir que, el mecanismo de coagulación es diferente al de barrido que según Ndabigengesere se efectúa por adsorción y neutralización de cargas (Ndabigengesere A. S., 1995), por tanto la deficiente remoción de turbidez y color para el anterior intervalo puede explicarse por la baja dosis coagulante que disminuye las cargas catiónicas (Quirós, VARGAS, & JIMÉNEZ, 2009-2010). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la anterior operación, la estrategia es encontrar la mejor dosis de coagulante; que resulta ser un parámetro que juega un papel fundamental en el proceso de coagulación – floculación.

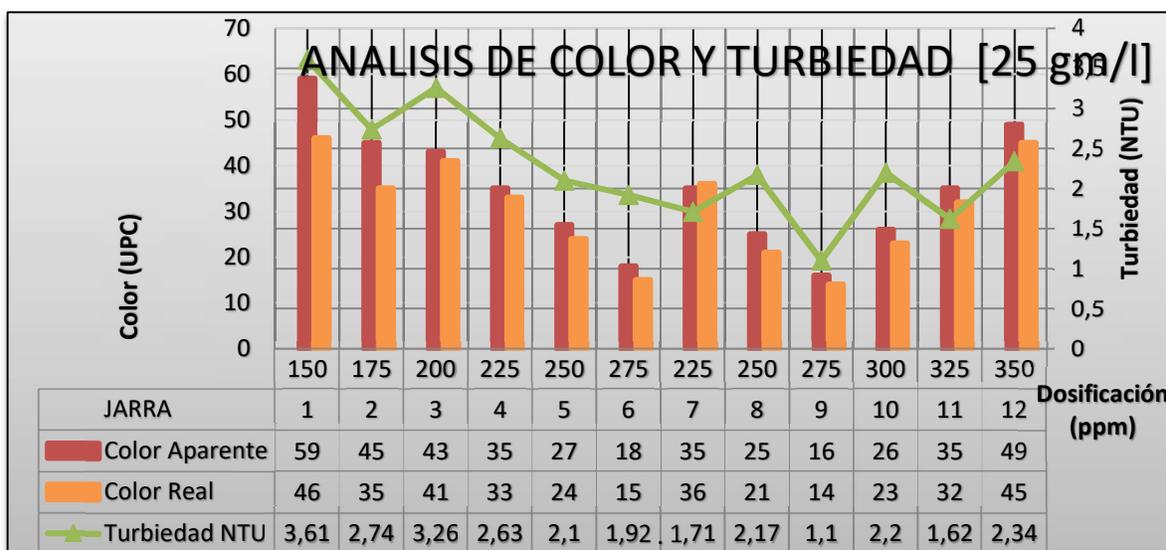
Gráfica 3: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. [15 gm/]



Fuente: Esta investigación, 2019

| Resultados Dosis Óptima | |
|--------------------------------|--------------------|
| Dosis óptima: 240ppm ScNaCl | Jarra: 12 |
| Color Aparente: 44 UPC | Color Real: 25 UPC |
| Turbiedad: 1,00 NTU | |

Gráfica 4: Resultados de color y turbiedad final después del tratamiento con el ensayo de jarras. [25 gm/l]



Fuente: Esta investigación, 2019

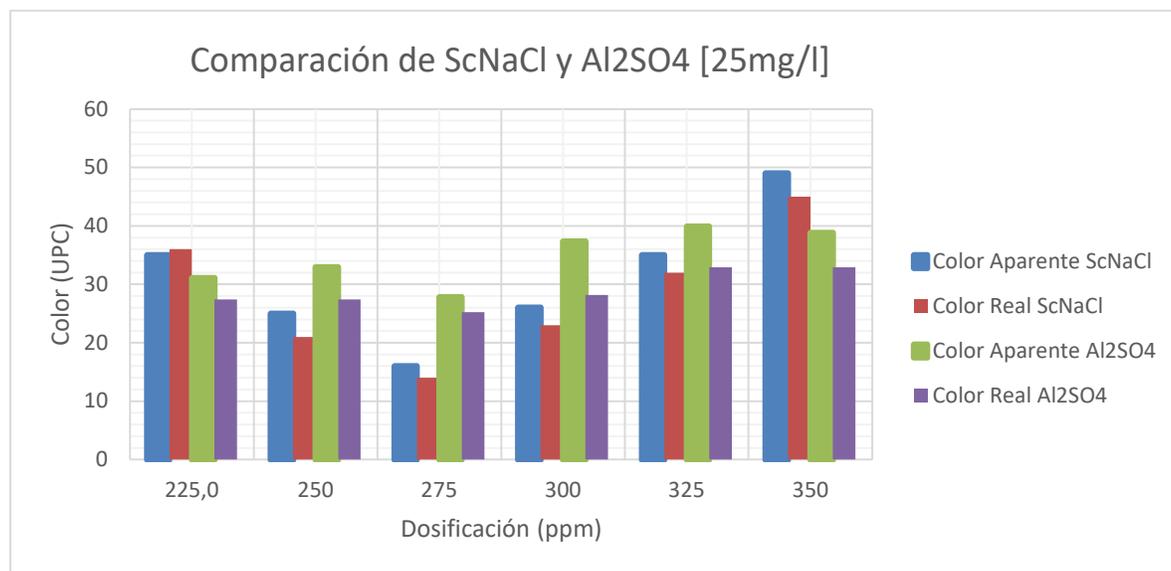
| RESULTADOS DOSIS ÓPTIMA | |
|--------------------------------|--------------------|
| Dosis óptima: 275ppm ScNaCl | Jarra: 9 |
| Color Aparente: 16 UPC | Color Real: 14 UPC |
| Turbiedad: 1,1 NTU | |

Una vez aplicada la dosis de coagulante de 25 mg/l se determinó mediante los ensayos de pruebas de jarras la dosis óptima para esta investigación como lo muestra la Gráfica 4, donde los procedimientos de coagulación y floculación fueron utilizados correctamente y el floc producido fue el adecuado por su tamaño a diferencia que la producción de un floc muy

pequeño o muy ligero produce una decantación insuficiente; mientras que el agua que llega a los filtros contienen una gran cantidad de partículas de floc que rápidamente ensucian los filtros y necesitan lavados frecuentes (Andia, 2000). Por otro lado, cuando el floc es frágil, este se rompe en pequeñas partículas que pueden atravesar el filtro y alterar la calidad del agua producida.

Evaluar la alternativa de semillas de moringa oleífera respecto al sulfato de aluminio

Gráfica 5: Comparación n de ScNaCl y Al₂SO₄ respecto al color. [25 gm/l]



Fuente: Esta investigación, 2019

Se puede observar que la disminución de color tanto para ScNaCl y Al₂SO₄ es aparente teniendo en cuenta que el color inicial para ambos casos fue de 330 UPC, en la gráfica n° 5 podemos notar que hay una reducción de color evidente por parte de la semilla de moringa

con solución salina (ScNaCl) dentro del valor máximo aceptable establecido en el Decreto 1575 resolución 2115/2007

Realizar un cronograma y una propuesta económica para la implementación de la investigación

Dentro de la investigación se plantea el respectivo cronograma de ejecución de la investigación (ver tabla n° 5) y la propuesta económica (ver tabla n° 6) para el desarrollo de las actividades previstas, para tal fin se estipula un lapso de 5 meses para el desarrollo habitual de cada proceso que involucre un ajuste en los resultados teniendo en cuenta que tanto las características del agua a tratar pueden variar tanto en turbiedad como el color.

Cronograma

Tabla 5: Cronograma de investigación

| Actividades | | Meses | | | | | | | |
|-------------|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Estado del arte de procedimientos fisico-químicos, tecnología limpia, utilización de moringa oleífera en sistemas de potabilización | | | | | | | | |
| 2 | Recolección de resultados físico-químico y microbiológico durante años atrás. | | | | | | | | |
| 3 | Adquisición y transformación (extracto) de semillas de moringa oleífera | | | | | | | | |
| 4 | Caracterizar el extracto de semillas de moringa oleífera | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 5 | Desarrollar el proceso de coagulación de agua utilizando el extracto de semillas de moringa oleífera como coagulante natural. | | | | | | | | |
| 6 | Análisis de resultados. | | | | | | | | |
| 7 | Presentación de primer avance | | | | | | | | |
| 8 | Obtener las curvas esquemáticas de coagulación de moringa oleífera | | | | | | | | |
| 9 | Determinar de la dosificación óptima de extracto de semilla de moringa oleífera como coagulante natural | | | | | | | | |
| 10 | Evaluar la calidad de las aguas tratadas con extracto de semillas de moringa oleífera y coagulantes convencionales. | | | | | | | | |
| 11 | Presentación de proyecto final. | | | | | | | | |
| 12 | Publicación de los resultados | | | | | | | | |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | | | | | | | |

Presupuesto

Presupuesto global.

En la tabla 8 se muestra el presupuesto general del proyecto:

Tabla 6: Presupuesto general del proyecto.

| CATEGORÍA DE INVERSIÓN | VALOR TOTAL |
|---|-------------------|
| Mano de obra calificada | 7 200 000 |
| Insumos y Materiales | 1 520 000 |
| Transporte | 420 000 |
| Pruebas de laboratorio | 2 889 788 |
| Publicación y difusión | 2 000 000 |
| Administración e Imprevistos | 1 000 000 |
| TOTAL | 15 029 788 |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | |

Mano de obra calificada.

En la tabla 7 se presenta los costos de cada investigador:

Tabla 7: Costos de personal investigador del proyecto.

| CARGO | Cant | Meses | Horas semanales | Vr. Hora | Total horas mes | Valor mensual | Valor total |
|---|-------------|--------------|------------------------|-----------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| Investigador principal (1) | 1 | 6 | 10 | 15 000 | 40 | 480 000 | 7 200 000 |
| Investigador principal (2) | 1 | 6 | 10 | 15 000 | 40 | 480 000 | |
| TOTAL | | | | | | | |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | | | | | |

Insumos y Materiales.

A continuación (tabla 8) se detalla cada uno de los materiales a utilizar en proyecto de investigación.

Tabla 8: Materiales e insumos necesarios para investigación.

| | Cantidad | Valor unitario | Valor total |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Resmas de papel carta | 4 | 10 000 | 40 000 |
| Tóner de tinta negra H.P | 1 | 74 000 | 74 000 |
| Tóner de tinta color H.P | 1 | 82 000 | 82 000 |
| Fotocopias | 1000 | 60 | 60 000 |
| Compra de semillas de moringa kilos | 6 | 100 000 | 600 000 |

| | | | |
|---|-------|-------|------------------|
| Policloruro de aluminio kilos | 10 | 1 500 | 15 000 |
| Sulfato de aluminio kilos | 10 | 400 | 4 000 |
| Cloruro de sodio puro kilos | 5 | 2 000 | 10 000 |
| Agua destilada litros | 30 | 1 000 | 30 000 |
| Agua cruda tomada de la planta de tratamiento de Potosí | 10000 | 100 | 1 000 000 |
| TOTAL | | | 1 520 000 |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | |

Pruebas de Laboratorio.

A continuación, en la tabla 9 se muestran los costos de las pruebas de laboratorio

Tabla 9: Costos de pruebas de laboratorio

| Parámetros | Valor Unitario | Total de muestras | Costo total |
|---|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| Cromatografía de intercambio iónico | 150000 | 1 | 150 000 |
| Análisis químico pruebas de jarras (Utilización de equipos) | 30 000 | 80 | 2 400 000 |
| Análisis físico (Calidad del agua final) | 62 347 | 4 | 249 388 |
| Análisis microbiológico | 45200 | 2 | 90 400 |
| TOTAL | | | 2 889 788 |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | |

Transporte.

En la tabla 10, se detallan los costos de transporte que conlleva la investigación.

Tabla 10: Costo de transporte de equipos, insumos y personal.

| | Cantidad | Unidad de medida | VALOR | Recursos |
|---|-----------------|-------------------------|--------------|-----------------|
| PTAP Potosí | 20 | Viajes | 15 000 | 300 000 |
| Transporte urbano | 30 | Viajes | 2 000 | 60 000 |
| Transporte rural | 20 | | 3 000 | 60 000 |
| | | | TOTAL | 420 000 |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | | |

Promoción y Difusión de Resultados.

En la tabla 11 se muestra el costo de difusión de resultados

Tabla 11: Costo de difusión de resultados de la investigación.

| | Cantidad | Unidad de medida | VALOR |
|---|-----------------|-------------------------|------------------|
| DIFUSIÓN Y PONENCIA NACIONAL | 1 | PRESENTACIÓN | 2000000 |
| | | | TOTAL |
| | | | 2 000 000 |
| Fuente. Esta investigación, 2019 | | | |

Realizar un análisis DOFA y un análisis estructural encaminado al desarrollo de la investigación

De cara en buscar un adecuado desarrollo de investigación se realizó el respectivo análisis DOFA a fin de buscar alternativas adecuadas que encaminen el buen desarrollo del grupo de trabajo y los resultados finales de investigación.

Objetivo

Realizar un análisis DOFA orientado al desarrollo de la investigación para poder definir estrategias de mejoramiento para poder llevar a cabo un plan.

La siguiente relación permitirá tener una idea más general del proceso de investigación la cual será guía para una adecuada toma de decisiones en pro de generar estrategias de mejora que permitan subsanar situaciones desfavorables.

Matriz DOFA

Debilidades.

D.1. El grupo de investigación apenas se está consolidando ya que lleva 1 año de incursión involucrando a la comunidad en nuevas alternativas para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua.

D.2. Actualmente el uso de la acción de semillas de moringa oleífera como alternativa de coagulación a los procesos de coagulantes convencionales para la remoción de color y turbiedad en la planta de tratamiento de agua del municipio de Potosí no cuentan con un nivel de aceptación por parte de las empresas de servicios públicos dado que no se cuenta aún con la patente respectiva.

D.3. Teniendo en cuenta que el agua cambia constantemente sus características físicas, en la planta de tratamiento del municipio de Potosí se debería ajustar la respectiva dosificación a aplicar por parte de los investigadores, lo cual genera sobrecostos.

D.4. Dependencia de proveedores para la administración de semillas para poder sacar el componente activo, esto genera contratiempos en la producción para el proceso de tratamiento de agua.

D.5. No se ha involucrado la creación de un programa de Responsabilidad Social donde se involucre la comunidad con la sostenibilidad del medio ambiente y esté a favor del mismo.

Fortalezas.

F.1. El grupo investigador cuentan con la capacidad científica y buena experiencia, además cuenta con el apoyo de entidades educativas como apoyo para la investigación.

F.2. La investigación cuenta con una base científica inicial dado que desarrolló un acercamiento anterior para la realización de pruebas en el sector de influencia lo cual permite tener independencia.

F.3. El grupo de investigación tiene una logística adecuada para la implementación de la investigación.

F.5. El grupo investigador tiene la facilidad de adquirir beneficios de financiamiento y subsidios del sector que ayudan a la investigación.

Oportunidades.

O.1. Apoyo por parte del Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial en cuanto a control y vigilancia del agua que consume el ser humano, lo cual se certificará que el agua sea de buena calidad.

O.2. Favorecer a la comunidad del sector con el consumo de agua con bajos valores de turbidez.

O.3. Existe la posibilidad de tener nuevas relaciones y alianzas a nivel nacional.

O.4. Se tiene la posibilidad de realizar implementar el proyecto en otros municipios a nivel nacional que tengan las mismas necesidades.

O.5. La investigación permitirá obtener la importación de nuevas tecnologías.

Amenazas.

A.1. Ausencia de un marco legal en el grupo de investigación.

A.2. Aumento de costos en el proceso de tratamiento de agua.

A.3. Contratiempos adversos como problemas sociales y económicos en el país que afectan la investigación.

A.4. Decisiones políticas no favorables que impidan la investigación.

Estrategias

A continuación, se realiza un cruce de toda la información que se detalló en la matriz DOFA para realizar un análisis de lo encontrado y poder definir estrategias que serán de gran importancia en el desarrollo de la investigación.

Estrategias DO.

Se debe fortalecer convenios con los entes territoriales (Alcaldía y gobierno municipal) y nacionales (Ministerio de Ambiente y de Salud) que permitan conocer a más a fondo el uso de coagulantes naturales como lo es las semillas de moringa oleífera ya que de esta manera dará paso a aumentar nuevas fronteras colombianas y de igual manera mejorar la competitividad en este mercado.

Estrategias DA.

El talento humano es muy importante para la creación de un plan estratégico ya sea a corto, mediano o a largo plazo y un modelo administrativo que sea capaz de llevar a cabo una investigación eficiente que permita la creación de nuevas ideas innovadoras. Por tanto, se debe comenzar a implementar un modelo de planeación estratégica que pueda reducir la incertidumbre y minimizar los posibles riesgos para llevar a cabo un proyecto y generando un mayor valor comercial en los sectores agrícolas.

Estrategias FO.

La capacidad intelectual del grupo investigador es fundamental en el progreso tecnológico, mas ahora donde las oportunidades de crecimiento productivo están en auge. Y

donde lo que prima en cualquier sector es la satisfacción del cliente, siendo así un punto fundamental para avanzar en oportunidades de crecimiento productivo.

Estrategias FA.

Se debe adelantar procesos y métodos que aseguren el control del presupuesto por medio de contratos a largo plazo y además con los proveedores quienes suministran los insumos para llevar a cabo los procesos en el tratamiento de agua.

Estructura Organizacional

La estructura organizacional del grupo investigador se encuentra en el tipo de estructura funcional (ver figura 9), ya que cada recurso humano tiene un superior definido de manera jerárquica.

Figura 9: Estructura Organizacional



Fuente. Esta investigación, 2019

Estructura Legal

La estructura legal del grupo de investigación está basada con el proyecto de investigación que se ha venido desarrollando de manera continua, partiendo de unos lineamientos de investigación por parte de la universidad (ver figura 10).

Figura 10: Estructura Legal

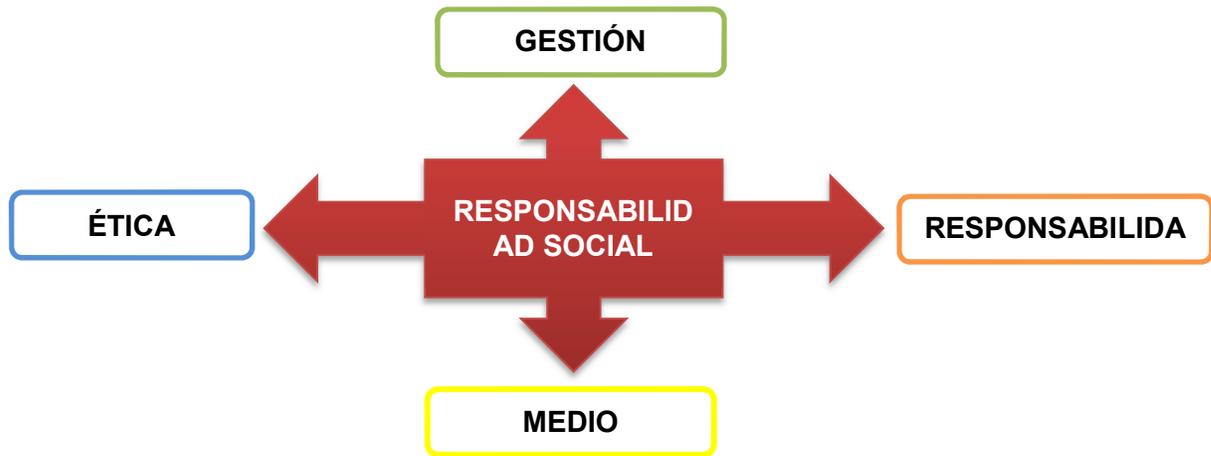


Fuente. Esta investigación, 2019

Responsabilidad Social

La responsabilidad social del grupo busca promover la responsabilidad de cada uno de los participantes de la investigación para que estén comprometidos con cada función que se debe desempeñar, integrando en esto el respeto por los valores éticos que muy seguramente faltan en las personas. Así mismo, se quiere tener una mejora en las relaciones sociales y obteniendo estrategias de comunicación contribuyendo a la reducción de problemáticas sociales y así lograr un cambio social significativo. En la figura 11 que a continuación se muestra se puede observar cómo se lleva a cabo la responsabilidad social en la investigación presentada.

Figura 11: Responsabilidad Social



Fuente. Esta investigación, 2019

Conclusiones

Las potabilizadoras convencionales utilizan generalmente sales de aluminio o de hierro, y en algunos casos particulares polielectrólitos como coagulantes para desestabilizar las partículas coloidales presentes en el agua cruda, pero son muy pocas las plantas potabilizadoras que operan con coagulantes naturales en sus procesos y operaciones unitarias, debido a esto, que en muchos casos existe un desconocimiento de las ventajas y cualidades de productos naturales para desestabilizar las partículas coloidales en el agua.

Los resultados experimentales establecidos en las condiciones del ensayo, presentaron que el mejor coagulante natural (alternativo) fue la semilla de moringa oleífera con 25g/L de solución salina con una aplicación de 22 mL.

Adicional a lo expuesto, se considera que los ensayos experimentales con coagulantes naturales se deben implementar para condiciones de diferentes tipos de aguas ya sean superficiales (quebradas, ríos, embalses, ciénagas y lagos) y subterráneas, con el propósito de verificar la eficiencia y eficacia de estos coagulantes en diferentes condiciones de operación, dinámica y rendimientos de plantas potabilizadoras.

En cuanto a los beneficios para la salud humana se puede concluir que se evitaría enfermedades como el mal de Alzheimer generado por el sulfato de aluminio, además se beneficiará a la diferente población a nivel rural que no cuenta con tratamiento óptimo para

generar agua potable dado el alto costo que genera la aplicación de otros productos como lo es el sulfato de aluminio, es aquí donde hay la necesidad de implementar el uso de moringa oleífera esperando contribuir con la purificación del agua a bajo costo

Se está buscando alternativas para el buen desarrollo de la investigación por medio de alianzas.

Se ha contactado diferentes entidades públicas para la búsqueda de información que sea útil para esta investigación.

Se realizó de una manera adecuada la toma de muestras en campo para encontrar los diferentes parámetros

El análisis de la matriz DOFA permitió identificar los principales factores que influyen en la investigación y poder determinar las estrategias como posibles soluciones. Por tanto, se concluye que esta técnica es importante puesto que determina los aspectos de la organización como ventaja hacia la competencia y en que se debe mejorar para ser competitivo.

Referencias

- Accion.* (2019). Obtenido de <https://us.accion.org/es/resource/como-elegir-la-mejor-estructura-legal-para-pequenas-empresas/>
- Acción.* (2019). *Como Elegir La mejor Estructura Legal Para Pequeñas Empresas.* Obtenido de <https://us.accion.org/es/resource/como-elegir-la-mejor-estructura-legal-para-pequenas-empresas/>
- Andía, Y. (Abril de 2000). Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico.. TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN. *SEDAPAL*, 44. Obtenido de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>.
- Barragán, A. (2019). *Pymerang.* Obtenido de <http://www.pymerang.com/direccion-de-negocios/990-tenemos-empleados-mas-involucrados-gracias-al-empowerment>
- Barrenechea M, A. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual L: Teoría. En CEPIS (Ed.). Lima.
- Bogotá, U. d. (s.f.). *GUÍA N°21 : Métodos de separación por extracción con solventes.* Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, Laboratorio de química analítica e instrumental 502503, Bogota.
- Campos, J. R. (2000). *Uso de polímeros naturales en el tratamiento de agua para abastecimiento.* Cali - Colombia: CINARA.
- Cardenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua, coagulación-floculación, evaluación de plantas y desarrollo tecnológico.* SEDAPAL, Lima - Perú.
- Castro, C. E. (2000). *Minimización de las descargas de residuos líquidos generados por una empresa aceitunera.* Trabajo de grado, Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Geográfica.
- Claudia, V. R. (23 de Octubre de 2012). *Estructura organizacional, tipos de organización y organigramas.* Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/estructura-organizacional-tipos-organizacion-organigramas/>
- Colmoringa. (2010). <http://www.colmoringa.com>.

- Concepto.de. (18 de Enero de 2018). *Concepto de visión*. Obtenido de <https://concepto.de/vision/#ixzz5tFinxOBr>
- Concepto.de. (6 de Marzo de 2019). *Concepto de Innovación*. Obtenido de <https://concepto.de/innovacion/#ixzz5tFlSmeFy>
- Concepto.de. (10 de Marzo de 2019). *Concepto de meta*. Obtenido de <https://concepto.de/mision/#ixzz5tFg03m00>
- Concepto.de. (24 de Mayo de 2019). *Concepto de Objetivo*. Obtenido de <https://concepto.de/objetivo/#ixzz5tFxVU7UZ>
- Concepto.de. (10 de Abril de 2019). *Concepto de planeación estratégica*. Obtenido de <https://concepto.de/planeacion-estrategica/#ixzz5tFz01hMY>
- Dennett, K., & otros. (April de 1996). Coagulation: its effect on organic matter. *Journal of the American Water Works Association*, 4(88), 129-142.
- E.O.T. Componente urbano Municipio de Potosí. (2001-2010). Colombia.
- Enciclopedia Económica*. (2017). Obtenido de <https://enciclopediaeconomica.com/matriz-foda/>
- Fayos, B. G. (2007). *Metodología de extracción in SITU de coagulantes naturales para clarificación de agua superficial*. Master en seguridad industrial y medioambiente, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.
- Fernández, J. (2018). *Extracción enzimática del aceite de moringa*.
- FUNDESOS. (s.f.). E.O.T. MUNICIPIO DE POTOSI 2003 – 2012. Colombia.
- García, A., & otros. (2013). *Evaluación de los potenciales del teberinto (Moringa oleifera) como generador de materia prima para la industria química*. Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de Ingeniería Química, Universidad del Salvador, ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA E INGENIERIA DE ALIMENTOS. , San Salvador.
- García, B. (2007). Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12458/Tesis%20de%20Master_BEATRIZ%20GARCIA%20FAYOS.pdf?sequence=1
- Gerencie.com. (22 de Septiembre de 2017). *Responsabilidad social corporativa*. Obtenido de <https://www.gerencie.com/responsabilidad-social-corporativa.html>

- Gómez, K. (2010). *Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez*. Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano. Honduras.
- Gómez, P., N. A. (2005). *Remoción de materia orgánica por coagulación – floculación*. Trabajo de grado monográfico, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Facultad de ingeniería y arquitectura, Manizales.
- ITM Platform*. (2015). Obtenido de <http://www.itmplatform.com/es/blog/estructuras-organizacionales-y-gestion-de-proyectos/>
- Katayon, S., & otros. (2006). “Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation. *Bioresource Technology*(97), 1455–1460.
- Ledo, P. e. (2010). Ency of aluminium sulphate and Moringa oleifera seeds as coagulants for the clarification of water land contamination and reclamation. 7.
- Lédo, P. G., & otros. (2009). Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleifera para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad. *Información Tecnológica Vol. 20(5), 20 N°5(4), 10*.
- Lorenzo, Y., & otros. (Mayo - Agosto de 2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. (2. ICIDCA No. 2, Ed.) *Redalyc.org, Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.*, XL(2), 10 -17.
- Madrigal, H. L., & otros. (27 de Julio de 2012). <http://www.academiadecienciasrd.org>. 24. Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de <http://www.academiadecienciasrd.org/ARCHIVOS/MORINGA/INIFAP%20Moringa%20oleifera.pdf>
- Menacho, C. P. (20 de Enero de 2007). *Glosario básico de gestión de proyectos*. Recuperado el 6 de Julio de 2019, de <https://www.gestiopolis.com/glosario-basico-de-gestion-de-proyectos/>
- Mendoza, I., & otros. (Agosto de 2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *Scientific Journal from Experimenta*, 2(8), 243-254.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (Julio de 2010). Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los servicios de Agua y Saneamiento, Nariño. Nariño, Colombia.
- Morales, A. F., MÉNDEZ, N. R., & TAMAYO, D. M. (Septiembre-Diciembre de 2009). *Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa Oleifers LAM como coagulante* (Vol. 10). (U. A. Yucatán, Ed.) Yucatán, Mexico: Redalyc.

- Moreno, G. (2018). Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/95033/UAEM-FaPUR-TESIS_GEMMA_ARINTZY_MORENO_CABRERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nariño, G. d. (2012). *Bases para la formulacion del plan de desarrollo departamental "Nariño es Mejor" 2012 - 2015*. Pasto, Colombia.
- Nariño, U. d. (06 de 05 de 2013). Sección de laboratorios. *Informe de resultados cromatografía(LBE-PRS-FR-165)*. San Juan de Pasto: UDENAR.
- Ndabigengesere, A. e. (1998). Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. En *Wat. Res* (Vol. 32, págs. 781-791).
- Ndabigengesere, A. S. (1995). Active agents and mecanism of coagulation of turbid water using Moringa oleifera seed. En *Water Research 29: pp.* (págs. 703–710).
- Núñez, C. E. (2008). *Extracciones con equipo soxhlet*. Obtenido de cenunez.com.ar: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-ExtraccinconequipoSohxlet.pdf>
- Núñez, E. (2007). *Validación de la efectividad de la Moringa oleífera*. Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano, El Zamorano, Honduras.
- Okuda, T. A., & otros. (2001). Insolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *Water Research*(35), 405-410.
- Okuda, T., & otros. (Agosto de 1999). Isolation and characterization of coagulant extracted from moringa oleifera seed by salt solution. Hiroshima, Japon.
- ONU. (6 de Marzo de 2012). *Naciones Unidas en Colombia*. Recuperado el 5 de mayo de 2012, de www.nacionesunidas.org.co
- Pérez, J. M. (2000). *Estado del arte de la coagulación*. Centro panamericano de ingeniería y ciencias del ambiente (CEPIS).
- Quirós, N., VARGAS, M., & JIMÉNEZ, J. (2009-2010). *Extracción y análisis de polímeros obtenidos a partir de varios productos naturales, para ser usados como potenciales floculantes en el tratamiento de agua para consumo humano*. Centro de investgación en proteccion ambiental. Recuperado el 1 de Noviembre de 2014, de file:///C:/Users/Juan/Downloads/informe_final,%20absorcio,.pdf
- Radovich, T. (Febrero de 2001). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa. *Craig Elevitch*, 1-12.

- Restrepo, H. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín.
- Rodríguez M, P. J., & otros. (2007). Evaluación del Proceso de la Coagulación para el Diseño de una Planta Potabilizadora. *UMBRAL Científico*(2), 8-9.
- Rodríguez M., S., & otros. (2005). Empleo de un producto Coagulante Natural para Clarificar agua. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 36.
- Rodríguez, C. (1995). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Santafé de Bogotá.
- Rodríguez, F. (21 de Septiembre de 2018). *Análisis DOFA: Qué es y cómo hacerlo (con ejemplos)*. Obtenido de <https://www.modoempreendedor.com/analisis-dofa/>
- Salazar, R. (2012). *Plantas de Potabilización*. Pasto, Nariño.
- Sánchez, J. M. (2004). *Aplicación de coagulantes naturales a la potabilización de aguas, un estudio sobre la acción potabilizadora de la moringa oleífera*. Trabajo de grado, Universidad de Extremadura, Departamento de química y energética.
- Schwarz, D. (2000). Water Clarification using Moringa Oleifera. *Gate Information Service*(7), 1-7.
- Valencia, J. A. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá: Mc Graw Hill.

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **“EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA COMO ALTERNATIVA DE COAGULACIÓN A LOS PROCESOS DE COAGULANTES CONVENCIONALES PARA LA REMOCIÓN DE COLOR Y TURBIEDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE POTOSÍ”**, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

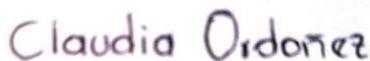
La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre Claudia Viviana Ordoñez Burbano
CC. 36.861.122 de Ipiales

Firma



Nombre Fredy Harbey Cabrera Rosero
CC. 98.353.169 de Cuaspud