

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE MUNICIPAL DE AGUAS RESIDUALES

Opción 2 Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

José Gerardo Guadalupe Tapia Medina

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Asesor:

Dr. Fernando Jonathan Lona Ramírez

Uriangato, Guanajuato.

Junio de 2020.

CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE MUNICIPAL DE AGUAS RESIDUALES

Elaborada por:

José Gerardo Guadalupe Tapia Medina

Aprobada por

Dr. Fernando Jonathan Lona Ramírez
Docente de la carrera de Ingeniería ambiental
Asesor de Tesis profesional

Revisada por

Q.F.B. Fernando Daniel Bedolla Flores
Docente de la carrera de Ingeniería ambiental
Revisor de Tesis profesional

Revisada por

Ing. José Luis Rocha Pérez
Docente de la carrera de Ingeniería ambiental
Revisor de Tesis profesional



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Guanajuato, 01/Junio/2020

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado: JOSE GERARDO GUADALUPE TAPIA MEDINA	
Carrera: Ing. Ambiental	Núm. de control: A15120098
Nombre del proyecto: Caracterización y tratamiento de aguas residuales de efluentes municipales de Uriangato	
Producto: Tesis profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

[Signature]
Dr. Fernando Jonathan Lona Ramírez
Coordinador de Ingeniería Ambiental
ITSUR



La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Dr. Fernando Jonathan Lona Ramírez	Q.F.B. Fernando Daniel Bedolla Flores	Ing. José Luis Rocha Pérez

c.c.p.- Expediente



Ave. Educación Superior No. 2000 Col. Benito Juárez Uriangato,
Guanajuato, C.P. 38980
Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. *108, e-mail: ambiental@itsur.edu.mx
www.tecnm.mx | www.itsur.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente el apoyo brindado por parte de mis padres y hermanos para lograr cumplir la meta de terminar una carrera universitaria, de igual manera quiero agradecer a los maestros, directivos y compañeros de clase por todos los aprendizajes, actividades realizadas, viajes, y conocimientos que desarrollé y obtuve durante mi estancia en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato como estudiante de la carrera de Ingeniería ambiental.

Quiero agradecer a mi novia la señorita Diana Isabel Alberto Villagómez todo el apoyo brindado durante mi carrera universitaria, tanto educativo como personal, y agradecer también la oportunidad que me dio de compartir muchas experiencias juntos, de contagiarme con esas ganas que tiene ella de salir adelante y de lograr todo lo que se proponga y de desarrollarnos en el ámbito profesional de una manera extraordinaria.

De la misma manera quiero agradecer a todos los conocidos y amigos que formaron parte de esta gran experiencia y todas las personas que aportaron un poco de su persona para lograr este objetivo.

Agradezco también a mis amigos del selectivo de béisbol halcones ITSUR y al entrenador por su apreciable compañía en los torneos estatales y pre nacionales que competí junto a ellos, en donde además de desarrollarme como deportista aprendí lo que es trabajar en equipo para lograr las metas propuestas, siendo unas de mis mejores experiencias universitarias.

Por último, pero no menos importante quiero agradecer a todos los maestros y maestras que son grandes personas que conforman la coordinación de Ingeniería ambiental también a los maestros y maestras que no son parte de la coordinación, pero me apoyaron mucho siempre en mis proyectos, a los cuales aprecio mucho. Y al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato el cual es mi alma mater en donde me desarrolle para lograr ser Ingeniero Ambiental.

Tabla de contenido

.....	i
AGRADECIMIENTOS	iv
Resumen	x
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2	3
MARCO TEORICO	3
2.1 Industria textil y sus principales contaminantes.	3
2.2 Generalidades de los colorantes.	3
2.3 Degradación de colorantes	3
2.4 Coagulantes naturales.	4
2.5 Moringa Oleífera	4
CAPITULO 3	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
IDENTIFICACIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	7
ALCANCE	7
CAPITULO 4	9
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
CAPITULO 5	10
METODOLOGIA	10
5 Reactivos, Muestras y Equipos.	10
5.1 Toma de muestras y medidas del canal de aguas residuales municipales, recolección de <i>Lirio</i> y <i>Moringa Oleífera</i>.	11
5.2 Pruebas de limpieza del agua residual con <i>Lirio</i> y <i>Moringa Oleífera</i>.	12
5.3 Experimentación de tratamiento de agua residual con el mejor medio de tratamiento.	13
5.4 Determinación del tiempo óptimo para remoción de los contaminantes presentes en el agua residual.	13
5.5 Análisis de muestras obtenidas del efluente municipal de aguas residuales.	14

5.6 Pruebas microbiológicas, bioquímicas y análisis de muestras en microscopio.....	14
Pruebas Microbiológicas.....	14
Pruebas Bioquímicas	16
CAPITULO 6	17
RESULTADOS	17
6.1 Caudal del efluente municipal de aguas residuales.....	17
6.2 Determinación del mejor compuesto para el tratamiento del agua residual. 20	
6.3 Determinación de la cantidad adecuada para el tratamiento del agua del efluente municipal de aguas residuales.	21
6.4 Determinación del tiempo óptimo de contacto para tratar el agua del efluente municipal de aguas residuales.	23
6.5 Resultados de análisis de las muestras del efluente municipal de aguas residuales.....	25
6.6 Resultados de pruebas microbiológicas y bioquímicas.....	27
Pruebas Microbiológicas.....	28
Pruebas Bioquímicas	32
CAPÍTULO 7	35
Conclusiones y trabajo futuro	35
TRABAJO A FUTURO.....	36
Anexo 1	38
Imágenes de muestra tratada con <i>Moringa Oleífera</i> analizada visualmente cada 30 minutos y en el espectrofotómetro.	38
Imágenes de muestras analizadas en el espectrofotómetro UV-Visible y tratamiento con <i>Moringa Oleífera</i>	39

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Figura 5.1 Espectrofotómetro UV-Visible Thermo Scientific Evolution 201.....	10
Ilustración 2 Figura 5.2 Balanza analítica modelo 220G Explorer OHAUS	11
Ilustración 3 Figura 5.3 Microscopio ZEISS.	11
Ilustración 4 Figura 5.4.1 Programación de software del espectrofotómetro UV-Visible.....	13
Ilustración 5 Figura 6.1.1 Medida de dimensiones del canal en el efluente municipal de aguas residuales.	17
Ilustración 6 Figura 6.1.2 Muestras tomadas del efluente municipal de aguas residuales.	17
Ilustración 7 Figura 6.1.3 Medidas de velocidad y calculo promedio de caudal (Q).....	18
Ilustración 8 Figura 6.1.4 Moringa Oleífera y lirio separado y molido.	19
Ilustración 9 Figura 6.2.1 Prueba de identificación mejor absorbente.	21
Ilustración 10 Figura 6.2.2 Determinación de la Moringa Oleífera como el mejor compuesto para tratar el agua residual.....	21
Ilustración 11 Figura 6.3.1 Pruebas de Moringa Oleífera en diferentes cantidades.	22
Ilustración 12 Figura 6.3.2 Agua residual tratada con diferentes cantidades de Moringa Oleífera.	23
Ilustración 13 Figura 6.4.1 Análisis de absorbancia de muestras del efluente municipal de aguas residuales.	24
Ilustración 14 Figura 6.4.2 resultados de análisis visual después de 3 horas de contacto entre Moringa Oleífera y agua residual.	24
Ilustración 15 Figura 6.4.3 resultados de análisis UV-Visible después de 3 horas de contacto entre Moringa Oleífera y agua residual.	25
Ilustración 16 Figura 6.5.1 Contaminante químico de muestras de agua residual floculado y sedimentado en tubos de ensayo.	26
Ilustración 17 Figura 6.5.2 Resultado de análisis en espectrofotómetro UV-Visible en muestra tratada.	26
Ilustración 18 Figura 6.5.3 Resultados de tratamiento del agua residual, tubos de la izquierda muestras tratadas y tubo de la derecha muestra sin tratar.....	27
Ilustración 19 Figura 6.6.1 Resultados de mediciones de pH en muestras de agua residual tratadas ordenadas de izquierda a derecha en orden descendiente como se muestra en la tabla 6.6.1.	28
Ilustración 20 Figura 6.6.2 Caldos EC-Broth y Selenito de sodio inoculados con muestras de agua residual.	28
Ilustración 21 Figura 6.6.3 Crecimiento en caldos EC-Broth (izquierda) y Selenito de sodio (derecha) inoculados con muestras de agua residual, comparados con el tubo blanco (sin inocular) de cada caldo el cual es el ubicado del lado derecho en cada imagen.	29
Ilustración 22 Figura 6.6.4 Bacterias (Bacilos Gram negativos) observadas en microscopio de muestra de agua residual.	30
Ilustración 23 Figura 6.6.5 Crecimiento de E. coli en medios EMB de las muestras área contaminada y caudal del efluente de aguas residuales.	31
Ilustración 24 Figura 6.6.6 Crecimiento de Shigella sp. en medios Mac Conkey de las muestras caudal del efluente de aguas residuales (izquierda) y área contaminada por colorantes sintéticos (derecha).	31
Ilustración 25 Figura 6.6.7 Crecimiento de Shigella sp. en medios Salmonella - Shigella de las muestras caudal del efluente de aguas residuales (izquierda) y área contaminada por colorantes sintéticos (derecha).	32
Ilustración 26 Figura 6.6.8 Resultados de pruebas bioquímicas en medio KIA imágenes de la izquierda medios sin inocular, imágenes de la derecha medios inoculados y mostrando resultados obtenidos.	33

Ilustración 27 Figura 6.6.9 Resultados de pruebas bioquímicas en medio Citrato de Simmons.....	33
Ilustración 28 Figura 6.6.10 Resultados de pruebas bioquímicas en medio MR-VP.....	34
Ilustración 29 Figura 6.6.11 Resultados de pruebas microbiológicas realizadas a las muestras de agua tratadas con semilla de Moringa Oleífera, presentando crecimiento inhibido en muestra 1 (izquierda) y presentando crecimiento de bacterias en color verde metálico en muestras 2 (centro) y 3 (derecha).	34

Tablas

Tabla a Tabla 5.1 Materiales y equipos utilizados durante la investigación.....	11
Tabla b Tabla 6.1.1 Caudal del efluente municipal de aguas residuales.	18
Tabla c Tabla 6.2.1 Primeras pruebas de remoción de contaminantes con lirio y moringa separadas y en combinación.	20
Tabla d Tabla 6.3.1 Cantidades de floculante optimo utilizadas en pruebas de remoción de contaminantes.	22
Tabla e Tabla 6.6.1 Valores de pH de las muestras antes y después de recibir el tratamiento.	28

Resumen

En el siguiente trabajo se realizó una experimentación con un floculante natural, el cual nos ayuda a disminuir la contaminación del agua, es por esto que en la investigación se utilizó semilla de *Moringa Oleífera*, la cual se usó como floculante natural para eliminar los contaminantes químicos del agua. Realizando los análisis en las muestras de agua para determinar la cantidad adecuada de semilla de *Moringa Oleífera* necesaria para lograr una buena remoción de los contaminantes químicos, además midiendo el tiempo de contacto óptimo en el cual la remoción de los contaminantes se da de una manera efectiva y considerable. Los resultados obtenidos son que 0.5 gr de semilla de *Moringa Oleífera* molida logran tratar en 3 horas 30 ml de agua, a los cuales posteriormente para retirar los contaminantes floculados y sedimentados se le aplica una filtración y así poder tener el agua libre de contaminantes químicos donde como resultado se observa una disminución de los contaminantes químicos en un 95%.

Abstract

In the following work, an experimentation was carry out with a natural flocculent to reduce water pollution, in the investigation *Moringa Oleífera* seed used as a natural flocculant to remove chemical contaminants from water. It was carried an analyze in the water samples to determine the optimal amount of *Moringa Oleífera* seed necessary to achieve a good removal of chemical contaminants, also measuring the optimal contact time in which the removal of contaminants occurs an effective. Results were that 0.5 gr of ground *Moringa Oleífera* seed manage to treat 30 ml of water in 3 hours, after that, to remove the flocculated and sedimented contaminants a filtration is applied so that the water can be free of contaminants chemical where as a result a decrease of chemical contaminants is observed in 95%.

Palabras clave: *Moringa Oleífera*, Floculante, Contaminante químico, Agua residual, Colorantes sintéticos.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En el estado de Guanajuato, el sector industrial de proveeduría, cuero y calzado y el de Textil, Diseño y moda; son considerados de gran relevancia en el estado, la región del bajío ocupa el tercer lugar nacional en la fabricación textil con un 9.3 % de producción total, por lo que se convierte en líder productor de estos productos. (CONACYT., 2018).

La industria textil es una de las industrias con mayor consumo de agua, donde entre 100 a 200 L de agua son necesarios para producir un kilogramo de productos textiles. (J.C & G.G, 2016).

La industria textil se compone por 4 etapas: Insumos y acabados textiles, productos intermedios, productos finales y comercialización. Siendo la primera etapa, específicamente en los procesos de tinción y deslavado, donde son desechadas grandes cantidades de sustancias químicas, por lo tanto, implica descargas de agua residual de las fábricas de teñido y procesado de prendas textiles con gran contenido de compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos al ambiente, principalmente al agua. Entre estos compuestos se encuentran los colorantes. (Garcés Giraldo & Peñuela Mesa, 2007).

Los colorantes son sustancias químicas utilizadas en pequeñas proporciones para impartir color a diversos materiales con variados propósitos funcionales o estéticos, los cuales exhiben color debido a su capacidad de absorber luz en la región visible (400-800 nm) del espectro. (Wolfgang von Goethe, 1999).

Los colorantes azoicos representan más del 50% de la totalidad de colorantes utilizados en el mundo, son compuestos químicos xenobióticos caracterizados por la presencia del grupo cromóforo azo en su estructura molecular. En la industria textil se consumen más de 1 400 000 toneladas de colorantes azo, equivalentes a

Capítulo 1. Introducción.

dos tercios de la producción total, de la cual un 50% es perdido durante la coloración de las fibras. (Ramsay & Nguyen, 2002).

En la actualidad existen diversos métodos de tratamiento de aguas residuales de la industria textil, tales como físicos, químicos y biológicos, cada uno de ellos con diferentes ventajas y desventajas tanto técnicas como económicas, como ejemplo algunas desventajas se pueden observar en los procesos biológicos anaeróbicos y aeróbicos donde su remoción de colorantes no es muy buena debido a la alta toxicidad que éstos presentan.

Debido a la complejidad de tratamiento que tienen los efluentes de aguas residuales textiles y sus efectos tóxicos, tomó bastante importancia en la búsqueda de alternativas amigables con el medio ambiente, siendo una de ellas la bioadsorción, una alternativa aplicable para remover colorantes por su bajo costo, alta eficiencia, minimización de lodos químicos o biológicos.

Dentro del estudio de adsorbentes se ha trabajado con diferentes materiales como lo son nopal, plátano, arroz, yuca, papa, trigo, lirio y semilla de *Moringa Oleífera*, siendo esta última la utilizada en esta investigación. La *Moringa Oleífera* es un árbol tropical originario de la India y África que posee múltiples propiedades nutricionales y farmacológicas, además de estas características las semillas de *Moringa Oleífera* poseen un compuesto activo coagulante con capacidad de reducir la turbidez del agua y eliminar los contaminantes químicos presentes en la misma.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Industria textil y sus principales contaminantes.

La industria textil es uno de los principales generadores de contaminantes que se vierten en los efluentes. Contribuyendo ampliamente al deterioro del entorno impactando principalmente a los cuerpos de agua contaminándolos con sustancias químicas, como lo son los colorantes. El uso de una amplia variedad de colorantes químicos en periodos cortos de tiempo requiere un tratamiento de aguas residuales muy complejo. (Ramsay & Nguyen, 2002).

2.2 Generalidades de los colorantes.

Los colorantes han sido utilizados por el hombre desde la antigüedad, el primer uso conocido fue hace más de 4 000 años cuando se encontró azul índigo en las envolturas de las momias egipcias. Hasta el siglo XIX todos los colorantes eran extraídos de plantas, hasta 1856 se descubrió el primer colorante sintético. (F. Braña, Cacho, & Guisado, 2006).

Los colorantes sintéticos se caracterizan por tener estructuras aromáticas complejas que los hacen muy estables en ambientes naturales y resistentes a la degradación, son moléculas compuestas por 2 elementos fundamentales, el cromóforo y el auxocromo. (Suhas , 2009).

2.3 Degradación de colorantes

Los métodos actuales utilizados para degradación de contaminantes incluyen procesos químicos, físicos y biológicos, por lo cual para el tratamiento de aguas residuales con colorantes se han utilizado varias metodologías como adsorción, coagulación, degradación química y ozonificación, filtración por membranas e intercambio iónico. Estos métodos generan efluentes de muy buena calidad, pero son métodos demasiado costosos y por eso mejor se han estudiado con mayor interés los procesos biológicos. (Etanal, Lizama, A., & J., 2018).

2.4 Coagulantes naturales.

Los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen animal o vegetal, que actúan aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez. Los coagulantes naturales son biodegradables y seguros para la salud humana y presentan una alta eficiencia en aguas industriales. (Solis, Laines, & Hernandez, 2012).

2.5 Moringa Oleífera

La *Moringa Oleífera* es originaria de la región del Himalaya al noroeste de la India, se ha vuelto nativa en muchos otros países. Es un árbol ideal para zonas áridas, semiáridas, tropicales y subtropicales.

Todas las partes del árbol de *Moringa Oleífera* se aprecian bastante por su valor nutritivo, los extractos de las semillas de la planta *Moringa Oleífera* son bastantes efectivas en el caso de aguas con alta turbidez al utilizar su ingrediente activo un polielectrolito, lo que los convierte en una excelente alternativa para el tratamiento de agua. (Camareno Vargas & Romero Esquivel, 2006).

Un estudio realizado en el 2006 llamado “Eficiencia de las semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante alternativo en la potabilización del agua”, propone una metodología a partir de los parámetros turbidez, color, pH y alcalinidad para la evaluación de la eficiencia de las semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante natural.

En otro estudio realizado en el año 2008 llamado “Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante”, se utilizaron semillas machacadas en 2 formas; en solución y en suspensión, midiendo su eficiencia en base a la reducción de los valores de absorbancia de las partículas suspendidas en el agua residual generada en un rastro. (Avelino, Méndez, & Tamayo, 2009).

En el presente trabajo se utiliza la semilla de *Moringa Oleífera* molida en el tratamiento de agua residual municipal y aguas residuales de industria textil,

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

presentando una alta eficiencia de remoción de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos del agua otorgando una alternativa confiable y eficaz para el tratamiento de aguas residuales.

CAPITULO 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

IDENTIFICACIÓN

Actualmente se presenta un serio problema de contaminación del agua en el mundo afectando tanto mares, océanos, lagos, ríos y aguas subterráneas, esto debido al mal uso del agua y a la poca importancia que se le daba al cuidado del medio ambiente, este problema de contaminación del agua está presente en el efluente municipal de aguas residuales del municipio de Uriangato, pues este cauce recibe las aguas residuales de todo el municipio y de comunidades aledañas al mismo, además de recibir agua residual, se utiliza para descargas de contaminantes químicos por la industria textil como lo son los residuos de colorantes sintéticos. En los municipios Uriangato y Moroleón su principal actividad económica es la industria textil, esta industria genera descargas incontroladas las cuales son causantes del aumento en el grado de contaminación de las aguas residuales municipales.

Durante el teñido son generados grandes volúmenes de aguas contaminadas que posteriormente contaminan el sitio donde tengan contacto, esto se debe al conglomerado de elementos que conforman el colorante sintético. La presencia de estos colorantes, incluso en concentraciones mínimas de 1 ppm, son suficientes para ocasionar un deterioro estético en el paisaje, pero el daño más grave se presenta en los procesos fotosintéticos, donde, debido al colorante en el agua, la penetración de la luz solar disminuye la capacidad de auto-regeneración del recurso hídrico, afectando la biota acuática. De igual manera se han demostrado las capacidades carcinogénica, mutagénica y teratogénica que causan los colorantes sintéticos en diferentes organismos, impactando la salud humana. (Brown & De Vito, 1993).

Ante esta situación de los contaminantes presentes en el agua tanto químicos como microbiológicos se han desarrollado, con el paso del tiempo, diferentes métodos de tratamiento del agua muy eficientes, sin embargo, están asociados con costos elevados, remoción incompleta o fraccionamiento del colorante, generando lodos y

Capítulo 3. Planteamiento del problema

subproductos aún más contaminantes, por lo cual se da la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías de tratamiento.

JUSTIFICACIÓN

El acelerado crecimiento demográfico y la búsqueda por mejorar la calidad de vida de las personas son algunas de las causas que convergen en la alteración del ambiente, generando un consumo excesivo de los recursos naturales y también una alteración considerable del medio ambiente. El agua es un recurso natural vital en el mundo, este mismo recurso tiene una explotación extremada, pues es usado tanto en necesidades básicas como en procesos industriales, cada día es más difícil conseguir este importante recurso en condiciones aceptables de manera natural. La pérdida de la calidad de los cauces naturales de agua ha provocado que aumente la necesidad del tratamiento de las aguas residuales.

Los problemas que se presentan en el efluente municipal de aguas residuales principalmente son el olor y las plagas, de ahí se desarrollan otros tales como mosquitos y roedores, pero también afectan bastante microorganismos patógenos y contaminantes químicos resultantes de la industria textil que existe en el municipio. La mayoría de la población que vive cerca de la zona presentan problemas de salud frecuentemente, agregando que el río pasa por una zona agrícola en la cual los agricultores riegan sus cultivos con esta misma agua, provocando que gran cantidad de contaminantes que contiene el agua puedan llegar a manos de más personas por medio de los vegetales que se obtienen de estas tierras. Por estos motivos la presente investigación pretende aportar información útil acerca de un coagulante natural efectivo y económico que se puede utilizar para el tratamiento del agua del efluente municipal de aguas residuales.

ALCANCE

El alcance esperado para este proyecto es lograr la correcta identificación de los contaminantes en el efluente municipal de aguas residuales y lograr obtener un método de tratamiento amigable con el medio ambiente para que el agua tenga

Capítulo 3. Planteamiento del problema

características más saludables y así no causar la gran cantidad de daños colaterales que ocasiona, pretende lograr esto creando un método accesible para la población en general pero principalmente enfocado a las industrias textiles que desembocan residuos en el efluente municipal de aguas residuales. Además de identificar la cantidad adecuada de semilla de *Moringa Oleífera* para el tratamiento del agua residual, medir la eficiencia de limpieza que posee la semilla para eliminar del agua microorganismos y colorantes sintéticos.

CAPITULO 4

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Lograr la remoción de los contaminantes sintéticos como lo son colorantes de la industria textil presentes en el agua del efluente municipal de aguas residuales utilizando un compuesto orgánico, siendo este la semilla de *Moringa Oleífera* gracias a sus propiedades como coagulante-floculante natural que presenta la semilla.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Caracterización de los contaminantes sintéticos y microbiológicos presentes en el efluente municipal de aguas residuales.
- ✓ Determinar el mejor compuesto entre *Lirio* y *Moringa Oleífera* para la remoción de los contaminantes del efluente municipal de aguas residuales del municipio de Uriangato.
- ✓ Determinar la cantidad óptima de compuesto para removerlos.
- ✓ Determinar el tiempo de remoción de los contaminantes.
- ✓ Identificar los contaminantes presentes en el agua que se remueven con mayor eficiencia; Microbiológicos o Químicos.

CAPITULO 5

METODOLOGIA

5 Reactivos, Muestras y Equipos.

La semilla de *Moringa oleífera* fue adquirida en los centros naturistas locales de los municipios de Uriangato y Moroleón. Mientras que el *Lirio* fue recolectado de una presa ubicada en la comunidad lagunilla del rico municipio de Uriangato. Los reactivos necesarios para la realización de la tinción Gram fueron obtenidos del laboratorio de Química de la carrera de Ingeniería Ambiental del ITSUR. Por último, las muestras de agua residual fueron tomadas del efluente municipal de aguas residuales del municipio de Uriangato en 2 diferentes puntos del efluente municipal de aguas residuales.

El equipo utilizado principalmente para la molienda de *Lirio* fue una licuadora convencional de cocina marca Oster, para el pesado de las cantidades de *Moringa oleífera* y *Lirio* se utilizó una balanza analítica Sartorius, para realizar las mediciones de las absorbancias se utilizó un Espectrofotómetro UV-Visible Thermo Scientific Evolution 201, finalmente para analizar las muestras teñidas se usó un microscopio marca ZEISS.

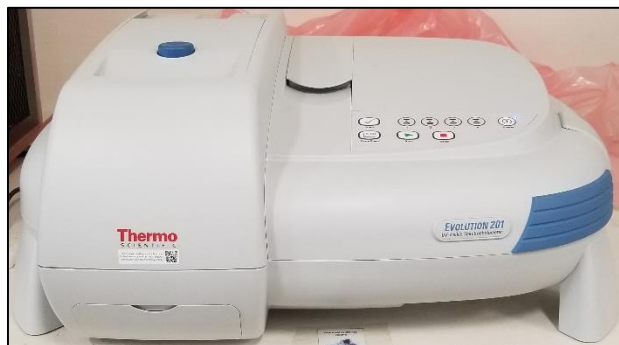


Ilustración 1 **Figura 5.1** Espectrofotómetro UV-Visible Thermo Scientific Evolution 201.



Ilustración 2 **Figura 5.2** Balanza analítica modelo 220G Explorer OHAUS



Ilustración 3 **Figura 5.3** Microscopio ZEISS.

En la siguiente tabla se muestra la lista de materiales utilizados durante la investigación.

Tabla a **Tabla 5.1** Materiales y equipos utilizados durante la investigación.

1.- Equipo de seguridad para toma de muestras	12.- Plástico adherible
2.- Celdas rectangulares de cuarzo	13.- Frascos de vidrio
3.- Cinta métrica	14.- Porta objetos
4.- Cronómetro	15.- Cubre objetos
5.- Refrigerador	16.- Aceite de inmersión
6.- Tubos de ensayo	17.- Papel filtro
7.- Pipeta graduada 10 ml	
8.- Propipeta	
9.- Pisseta con agua destilada	
10.- Etiquetas	
11.- Secador solar	

5.1 Toma de muestras y medidas del canal de aguas residuales municipales, recolección de *Lirio y Moringa Oleífera*.

Principalmente se procederá a la exploración de la zona indicada para realizar el muestreo y las mediciones necesarias para los cálculos que se llevaran a cabo, tomando en cuenta un fácil acceso al punto de muestreo y lo más importante que sea una zona que garantice la seguridad de las personas encargadas de realizar el

muestreo y la recolección de datos. También estas mismas personas deberán seguir y portar las medidas y el equipo de seguridad necesario para realizar las actividades correspondientes en el muestreo.

De igual manera se investigará el lugar adecuado para la recolección de *Lirio* y la obtención de la semilla de *Moringa Oleífera*. Posterior a identificar el lugar adecuado para la obtención de los medios de tratamiento indicados anteriormente, se procederá a realizar la obtención de cada uno de ellos de la manera que sea necesaria, ya sea recolectando o comprando los mismos.

Posterior a las primeras mediciones se deberá estar tomando medidas de velocidad en el efluente municipal de aguas residuales durante los días y las veces que sea necesario con el fin de encontrar los valores más representativos para el cálculo del caudal.

Posterior a la identificación y obtención de los medios de tratamiento necesarios se deberán trasladar los mismos al laboratorio de Química de la carrera de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato donde se someterán a los procesos necesarios para que estos estén en las condiciones adecuadas para comenzar con la experimentación.

5.2 Pruebas de limpieza del agua residual con *Lirio* y *Moringa Oleífera*.

Para lograr la identificación del mejor compuesto para el tratamiento del agua residual del efluente municipal se deberán realizar algunas pruebas en el agua residual con combinaciones de los 2 medios seleccionados para el tratamiento (*Lirio* y *Moringa Oleífera*) y también individualmente cada uno para poder identificar cual será el mejor para un tratamiento efectivo.

Para esto se colocarán determinada cantidad en gramos de medios de tratamiento en 30 ml de agua residual y se dejarán en contacto 24 horas. Después de haber transcurrido el tiempo indicado se analizarán las muestras y se seleccionará el mejor medio de tratamiento de agua residual con el cual se llevará a cabo la investigación.

5.3 Experimentación de tratamiento de agua residual con el mejor medio de tratamiento.

Después de determinar cuál es el mejor medio de tratamiento del agua residual del efluente municipal, se deberá llevar a cabo la experimentación de este medio y el agua residual para descubrir cuál será la cantidad adecuada para tratar el agua residual, tomando en cuenta la eficiencia de remoción de los contaminantes.

5.4 Determinación del tiempo óptimo para remoción de los contaminantes presentes en el agua residual.

Para lograr la correcta identificación del tiempo de contacto necesario de la *Moringa Oleífera* con los contaminantes en el agua para su remoción, se llevarán a cabo varias mediciones de absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible en intervalos de tiempo de contacto determinados. El software de medición del espectrofotómetro UV-Visible se programará con los datos mostrados en la figura 5.4.1.

Medicion	Instrumento	Accesorios	muestras	Elegir Pico
Modo de datos:	Absorbancia			
Factor:	1.00			
Suavizar:	Ninguno			
Derivativo:	Ninguno			
Inicio longitud de onda:	1100.00			nm
Fin de longitud de onda:	190.00			nm
Ancho de banda:	1 nm			
Tiempo de integración:	1.00			seg
Intervalo de datos:	1.00			nm
Velocidad de barrido:	60.00			nm/min
Tiempo estimado:	922.4			seg

Ilustración 4 Figura 5.4.1 Programación de software del espectrofotómetro UV-Visible.

Las muestras se revisarán visualmente cada 30 minutos hasta un tiempo de 6 horas desde que se le agregue la *Moringa* y se analizarán en el espectrofotómetro UV-Visible a las 1, 3, 6 y 24 horas de contacto la *Moringa* con la muestra contaminada. En las cuales se analizará el cambio de coloración de la muestra de agua y en el espectrofotómetro UV-Visible se medirán los cambios en la curva de absorbancia en cada muestra.

5.5 Análisis de muestras obtenidas del efluente municipal de aguas residuales.

Se llevará a cabo el análisis de las muestras obtenidas del efluente municipal de aguas residuales y se comenzará con el tratamiento de las mismas con las cantidades de moringa establecidos en la tabla 6.3.1. Se estarán analizando a las 3, 6 y 24 horas. La experimentación en las muestras se realizará tanto en las obtenidas del efluente municipal, las obtenidas del área contaminada con tintes como en las obtenidas de un punto de descarga al efluente de una industria textil del municipio. (Figura 6.3.1).

Se realizará la medición inicial de absorbancia en cada una de las muestras para posteriormente agregarles la *Moringa Oleífera* en las cantidades propuestas en la tabla 6.3.1. Comenzará su tratamiento durante el tiempo óptimo de contacto y al final se volverán a analizar las muestras en el Espectrofotómetro UV-Visible. (Anexo 1).

5.6 Pruebas microbiológicas, bioquímicas y análisis de muestras en microscopio.

Para comenzar el análisis de las muestras en el laboratorio de microbiología primeramente se deberá medir el pH las muestras de agua contaminada y se deberá medir también el pH de las muestras después de someterlas al tratamiento.

Pruebas Microbiológicas

Además, para comenzar con la identificación de las bacterias presentes en las muestras de agua contaminada de los diferentes puntos donde fueron obtenidas se deberán preparar principalmente 2 caldos de crecimiento; EC-Broth y Selenito de Sodio, los cuales ayudarán a desarrollar el crecimiento de algunas Enterobacterias comunes en aguas residuales.

Para el caldo EC-Broth se deberán inocular los tubos para cada tipo de muestra, 1.- Fuente de contaminación por colorantes sintéticos, 2.- Área contaminada por colorantes sintéticos y 3.- Efluente municipal de aguas residuales. Los cuales se

deberán dejar en incubación para análisis de *Escherichia coli* en aerobiosis entre 44.5°C y 45.5°C durante 24 horas como lo indica la ficha técnica del medio.

En el caso de los caldos de Selenito de sodio se deberán inocular en el mismo orden que los caldos EC-Broth, pero con la diferencia que la incubación será de 35°C a 37°C durante 16 a 24 horas como lo indica la ficha técnica del medio.

Transcurrido el tiempo de inoculación indicado en las fichas técnicas de los caldos se deberá tomar una muestra de cada tubo y se realizará una preparación por la técnica de Gram, la cual se observará en el microscopio y se logrará identificar el tipo de bacterias presentes en el agua residual.

Posterior a estos caldos se deberán de preparar medios de cultivo EMB (Eosina y azul de metileno) el cual ayudará al aislamiento selectivo de bacilos Gram negativos de rápido desarrollo y de bajas exigencias nutricionales, permitiendo el crecimiento de todas las especies de la familia *Enterobacteriaceae*.

Se prepararán también medios de cultivo MacConkey y Salmonella Shigella en los cuales se podrá identificar el desarrollo de bacterias como *E. coli*, *Salmonella* y *Shigella* entre otras enterobacterias. Las cuales posiblemente pudieran estar presentes en las muestras de agua residual.

Los medios de cultivo se deberán inocular a partir de los caldos de cada muestra de agua residual del efluente municipal.

Todos los medios se deberán preparar de la manera correcta indicada en las fichas técnicas de los medios EMB, MacConkey y Salmonella Shigella. Además, se trabajará en el laboratorio con las medidas y el equipo de seguridad adecuados para la manipulación de este tipo de pruebas, para lograr obtener resultados correctos y evitar contaminar los medios con microorganismos no propios a las muestras de agua residual utilizadas en este experimento, tomadas de los diferentes puntos del efluente municipal de aguas residuales y del punto de contaminación por colorantes sintéticos.

Pruebas Bioquímicas

Para las pruebas bioquímicas se deberán preparar los medios; KIA (hierro de Kligler), Citrato de Simmons y MR-VP (Rojo de metilo y Voges-Proskauer). Los cuales ayudarán a identificar de manera correcta las bacterias presentes en las muestras de agua residual. Las cuales se deberán inocular de los medios de cultivo y de los caldos que presenten crecimiento bacteriano. Se deberá de inocular cada medio de la manera correcta indicada en las fichas técnicas de cada uno.

El medio KIA se utilizará para la diferenciación de enterobacterias en base a la fermentación de hidratos de carbono y a la producción de ácido sulfhídrico. Se deberán sembrar los tubos del medio KIA tomando un inóculo del cultivo puro del microorganismo en estudio, con asa microbiológica inocular el medio de cultivo por picadura y estriado, dejando incubar en aerobiosis entre 35°C y 37°C durante 18 a 24 horas como lo indica la ficha técnica del medio.

Para el medio Citrato de Simmons el cual ayudará a diferenciar bacterias Gram negativas se realizará la siembra del medio estriando la superficie del medio de cultivo (pico de flauta) en el caso de los tubos, con asa microbiológica sin picar el medio, tomada la muestra del cultivo del microorganismo en estudio, la incubación se dará en aerobiosis entre 35°C a 37°C durante 24 horas como lo indica la ficha técnica del medio.

En el caso del medio MR-VP el cual es un medio líquido con el cual se logra la clasificación de enterobacterias, donde la siembra se realizará por inoculación directa del medio en estudio y se incubará entre 35°C a 37°C durante 48 horas como lo indica la ficha técnica del medio.

El manejo de estos medios se deberá llevar a cabo de la manera adecuada para así evitar que exista una contaminación del medio por el mal manejo del mismo y se llegaran a presentar resultados incorrectos en las pruebas.

CAPITULO 6

RESULTADOS

6.1 Caudal del efluente municipal de aguas residuales.

Se realizó una exploración en el efluente municipal de aguas residuales con el objetivo de identificar el mejor punto para la toma de muestras y medidas del canal tomando en cuenta principalmente la seguridad física, una vez identificada la zona se tomaron medidas para el cálculo del caudal, con la medida de dimensiones del punto elegido donde forma un pequeño canal por el cual pasa el agua del efluente municipal de aguas residuales además de tomar las primeras muestras de agua residual.



Ilustración 5 **Figura 6.1.1** Medida de dimensiones del canal en el efluente municipal de aguas residuales.



Ilustración 6 **Figura 6.1.2** Muestras tomadas del efluente municipal de aguas residuales.

Capítulo 6. Resultados.

Después se realizó una medición de las velocidades y profundidad del canal durante 8 días seguidos 3 veces al día capturando los datos con los cuales se calculó una medida promedio del caudal del canal, para así poder determinar la cantidad necesaria requerida de moringa, lirio o mezcla de ambos para la eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual. En algunas ocasiones no fue posible acceder al canal a realizar las mediciones por diferentes factores, principalmente problemas de salud que se presentaron después de ya estar examinando las aguas del efluente municipal de aguas residuales durante varios días.

Fecha	Hora	Tiempo 1(s)	Tiempo 2(s)	Tiempo 3(s)	Tiempo 4(s)	Tiempo 5(s)	Tiempo 6(s)	Promedio (s)	Velocidad (m/s)	Profundidad entrada (m)	Profundidad salida (m)
30/09/2019	4:58 pm	7.41	7.78	6.43	6.12	5.87	6.19	6.633333333	1.231407035	0.21	0.15
	3:55 pm	6.62	6.44	6.69	7.56	6.59	6.69	6.765	1.25646711	0.26	0.2
01/10/2019	6:47 pm	7.09	6.78	7.34	6.85	7.6	6.7	7.06	1.203666006	0.25	0.19
	9:38 am	5.9	5.75	5.63	5.53	5.88	5.94	5.771666667	1.472711522	0.32	0.28
02/10/2019	3:05 pm	7.4	7.28	6.59	7.88	7	6.78	7.155	1.187980433	0.27	0.21
	6:20 pm	6.34	6.31	5.88	6.37	6.19	5.91	6.166666667	1.378378378	0.26	0.2
03/10/2019	10:15 am	8.97	8.79	9.03	8.44	8.25	8.18	8.61	0.987224158	0.2	0.14
	4:15 pm	7.59	7.5	8.1	8.05	7.56	7.45	7.708333333	1.102702703	0.19	0.13
04/10/2019	6:45 pm	7.06	6.53	6.68	6.5	6.85	6.93	6.758333333	1.257706535	0.25	0.19
	9:20 am	8	8.5	8.69	7.58	7.91	7.56	8.04	1.05721393	0.16	0.1
04/10/2019	2:40 pm	7.1	8.34	7.28	7.66	7.97	7.56	7.651666667	1.110899092	0.2	0.14
	6:15 pm	7.1	8.16	7.81	7.06	7.94	7.28	7.558333333	1.124588549	0.23	0.17
07/10/2019	11:30 am	9.63	9.62	9.37	8.9	9	8.88	9.233333333	0.9205776173	0.17	0.11
	3:30 pm	9.62	8.59	8.15	8.88	8	8.66	8.65	0.9826569595	0.2	0.14
07/10/2019	6:50 pm	7.83	7.96	6.56	7	7.4	7.84	7.398333333	1.148907412	0.21	0.15
	10:24 am	10.06	9.13	9.06	8.69	8.56	9.35	9.141666667	0.9298085688	0.19	0.13
08/10/2019	3:45 pm	9.15	9.45	9.03	9.89	9.36	9.21	9.348333333	0.9092529863	0.18	0.12
					No hubo medición						
09/10/2019	9:30 am	9.89	9.32	9.36	9.76	9.37	9.08	9.463333333	0.8982035928	0.13	0.07
	3:35 pm	8.96	8.84	10	8.94	9.29	8.72	9.125	0.9315068493	0.21	0.15
09/10/2019	6:35 pm	7.09	7.22	7.53	7.01	7.33	7	7.196666667	1.181102362	0.19	0.13
	9:21 am	8.59	9.12	9.78	9.94	9.9	9.06	9.398333333	0.9044156765	0.12	0.06
10/10/2019					No hubo medición						
					No hubo medición						
									1.106078451	0.2095238095	0.1495238095

Ilustración 7 Figura 6.1.3 Medidas de velocidad y calculo promedio de caudal (Q).

Se realizó el cálculo del caudal promedio del efluente municipal de aguas residuales con las mediciones de velocidad que se llevaron a cabo durante los días indicados en la figura 5.2.2 y los valores de ancho y profundidad del canal, realizando una multiplicación de estos valores obteniendo el resultado en metros cúbicos sobre segundo (m^3/s) el cual multiplicamos por 1000 ($1 m^3 = 1000 \text{ lts}$) para realizar la conversión de unidades a litros, obteniendo como resultado 236.3 l/s. Mostrado en la tabla 6.1.1.

Tabla b **Tabla 6.1.1** Caudal del efluente municipal de aguas residuales.

Medidas del canal

Capítulo 6. Resultados.

Longitud =	8.5 m
Ancho =	1.19 m
Profundidad promedio =	0.18 m
Velocidad promedio =	1.106078451 m
Q =	236.3 l/s

Después de haber realizado la recolección del *Lirio* en la comunidad Lagunilla del rico municipio de Uriangato, se llevó el material obtenido (*Lirio*) al laboratorio del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato, donde se sometió el *Lirio* a un tratamiento de secado en secador solar para lograr que desprendiera toda la humedad que contenía dentro de él y así poder utilizarlo para filtrar el agua contaminada. De igual forma se realizó la molienda y separación del *Lirio* en 3 tipos; Hoja, Tallo delgado y Tallo grueso con los cuales después se realizaron las primeras pruebas de experimentación.

La semilla de *Moringa Oleífera* se compró en un local de hierbas y semillas en el mercado municipal del municipio de Moroleón, donde la semilla se consiguió con cáscara. Después se le retiró la cáscara y se sometió a un proceso de triturado y molienda hasta obtener partículas más pequeñas de la semilla.



Ilustración 8 Figura 6.1.4 Moringa Oleífera y lirio separado y molido.

Capítulo 6. Resultados.

6.2 Determinación del mejor compuesto para el tratamiento del agua residual.

Con el objeto de identificar cual es el mejor coagulante para el agua residual analizada, se colocaron 30 ml de agua con cierta cantidad de semilla de *Moringa Oleífera*, de *Lirio* y de mezcla de ambas, las cantidades usadas se muestran en la tabla 6.2.1. Posteriormente se determinó cual era el mejor medio de tratamiento con los resultados que se obtuvieron en el análisis 24 horas después de haber estado en contacto la muestra con los medios de tratamiento.

Tabla c **Tabla 6.2.1** Primeras pruebas de remoción de contaminantes con lirio y moringa separadas y en combinación.

Prueba	Cantidad (gr)	Material	Cantidad (gr)	Material
1	0.5	Moringa		
2	0.5	Moringa	0.25	Lirio tallo grueso
3	0.5	Moringa	0.25	Lirio tallo delgado
4	0.5	Moringa	0.25	Lirio hoja
5	0.25	Lirio tallo grueso		
6	0.25	Lirio tallo delgado		
7	0.25	Lirio hoja		

En estas combinaciones se logró identificar cual de todas las pruebas realizadas presento físicamente una mejor eficiencia para la remoción de los contaminantes.



Capítulo 6. Resultados.

Ilustración 9 Figura 6.2.1 Prueba de identificación mejor absorbente.

Como resultado de las primeras pruebas para limpiar o descontaminar el agua del efluente municipal aguas residuales con los compuestos y cantidades indicadas en la tabla 6.2.1 Se encontró que el mejor compuesto para realizar el tratamiento del agua residual es la *Moringa Oleífera*, debido a que con una cantidad muy baja logra flocular gran cantidad de contaminantes químicos en un tiempo muy conveniente, las combinaciones de *Lirio* y *Moringa Oleífera* no fueron aceptadas por la cantidad de agua que era absorbida por el *Lirio*, sin dejar de lado que la restante no presentaba signos de limpieza sino que parecía que estaba más contaminada por el *Lirio*.



Ilustración 10 Figura 6.2.2 Determinación de la *Moringa Oleífera* como el mejor compuesto para tratar el agua residual.

En la figura 6.2.2 se muestra en diferentes tubos de ensayo las pruebas realizadas para encontrar el mejor elemento siendo en la imagen el tubo de ensayo de la izquierda el que contiene 0.5 gr de *Moringa Oleífera*, y de ahí hacia la derecha las combinaciones de *Moringa* y *Lirio* 50% y 50% hasta terminar únicamente con tallo grueso, tallo delgado y hoja de *Lirio* al 100 % cada uno como se indica en la tabla 6.2.1.

6.3 Determinación de la cantidad adecuada para el tratamiento del agua del efluente municipal de aguas residuales.

Después de haber determinado que el mejor tratamiento es la *Moringa Oleífera*, se comenzó con la experimentación de las diferentes muestras de agua residual

Capítulo 6. Resultados.

obtenidas del efluente municipal, a las cuales se les comenzó a agregar *Moringa* en diferentes cantidades por muestra, para así determinar la cantidad adecuada de moringa para el tratamiento del agua residual con la mayor eficiencia de remoción de contaminantes posible. Para las primeras pruebas a las cuales se les agregó *Moringa* molida se realizaron con las cantidades presentes en la siguiente tabla.

Tabla d **Tabla 6.3.1** Cantidades de floculante óptimo utilizadas en pruebas de remoción de contaminantes.

Prueba	Cantidad de floculante optimo (gr)	Agua residual (ml)
1	0.05	30
2	0.1	30
3	0.25	30
4	0.5	30
5	0.75	30

Estas pruebas se realizaron depositando las cantidades indicadas en la tabla 6.3.1 en tubos de ensayo cada una, a las cuales se les agregó 30 ml de agua residual tomada de las muestras del efluente municipal de aguas residuales. Después de agregar el agua se les dio una suave agitación de 2 segundos a los tubos de ensayo para lograr que la semilla de *Moringa Oleífera* molida tenga mejor contacto con los contaminantes presentes en el agua.



Ilustración 11 **Figura 6.3.1** Pruebas de *Moringa Oleífera* en diferentes cantidades.

Capítulo 6. Resultados.

Después de haber transcurrido 8 horas de contacto la *Moringa* con el agua residual y al observar visualmente un cambio en las muestras, se les realizó un análisis en el espectrofotómetro UV-Visible, se obtuvo que la mejor cantidad para el tratamiento de agua residual es 0.5 gr de semilla de *Moringa Oleífera* molida en 30 ml de agua. Como se observa en la figura 6.3.1 las muestras están ordenadas de derecha a izquierda con las cantidades de *Moringa oleífera* como se indican en la tabla 6.3.1.

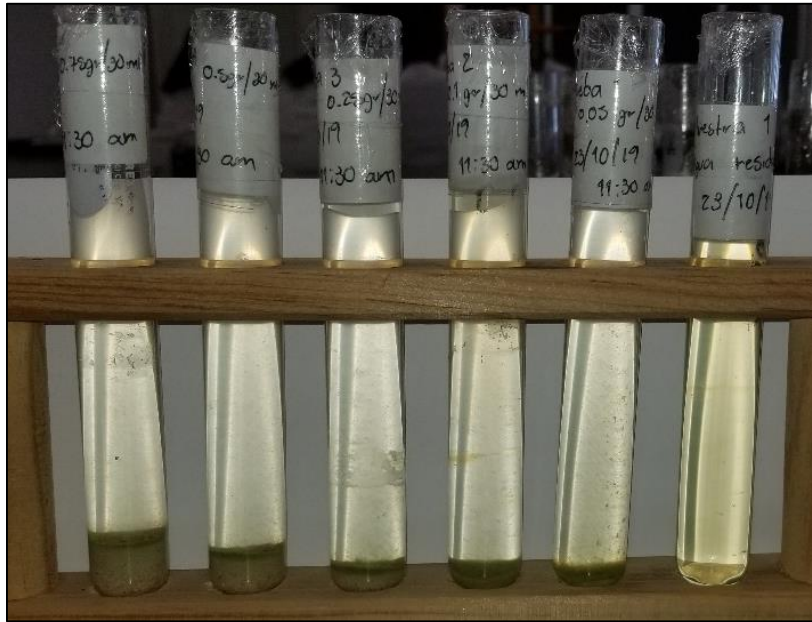


Ilustración 12 Figura 6.3.2 Agua residual tratada con diferentes cantidades de *Moringa Oleífera*.

6.4 Determinación del tiempo óptimo de contacto para tratar el agua del efluente municipal de aguas residuales.

El tiempo óptimo de contacto entre la *Moringa* y el agua residual a tratar fue de 3hrs, puesto que en este tiempo al realizar las pruebas en el espectrofotómetro UV-Visible los picos que aparecían en las muestras de agua residual sin tratar desaparecieron después de su tratamiento indicando que con este tiempo de contacto los contaminantes químicos presentes en el agua se eliminan. Y de una manera visual también se logra observar ese cambio. (Anexo 1).

La primera medición se realizó a las muestras de agua residual contaminada, en la imagen 6.4.1 se muestra la medición realizada a las muestras de agua contaminada

Capítulo 6. Resultados.

tomadas en los diferentes puntos, en donde se pueden observar los picos resultantes de la lectura los cuales indican que en la longitud de onda de 550-750 nm donde aparecen existe un contaminante que absorbe la luz en ese punto.

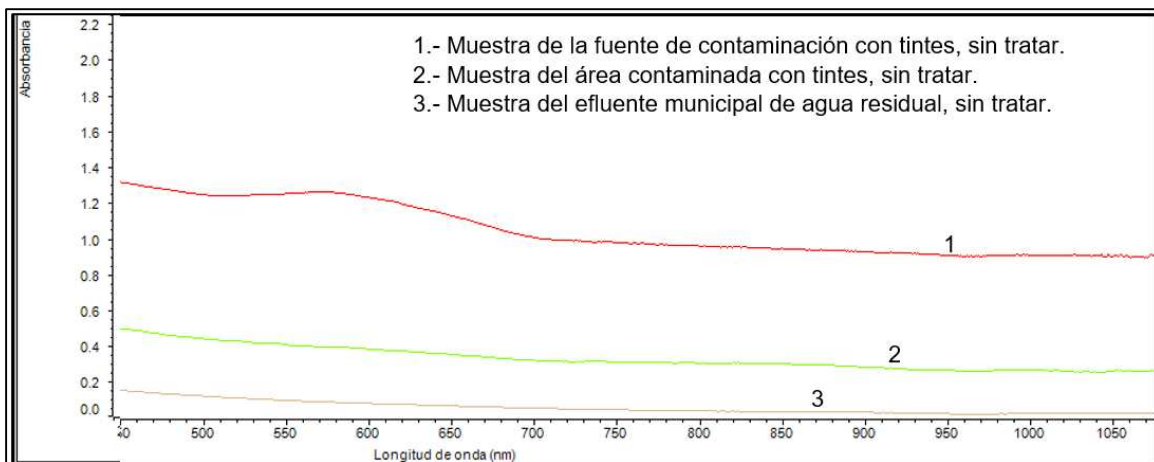


Ilustración 13 **Figura 6.4.1** Análisis de absorción de muestras del efluente municipal de aguas residuales.



Ilustración 14 **Figura 6.4.2** resultados de análisis visual después de 3 horas de contacto entre *Moringa Oleífera* y agua residual.

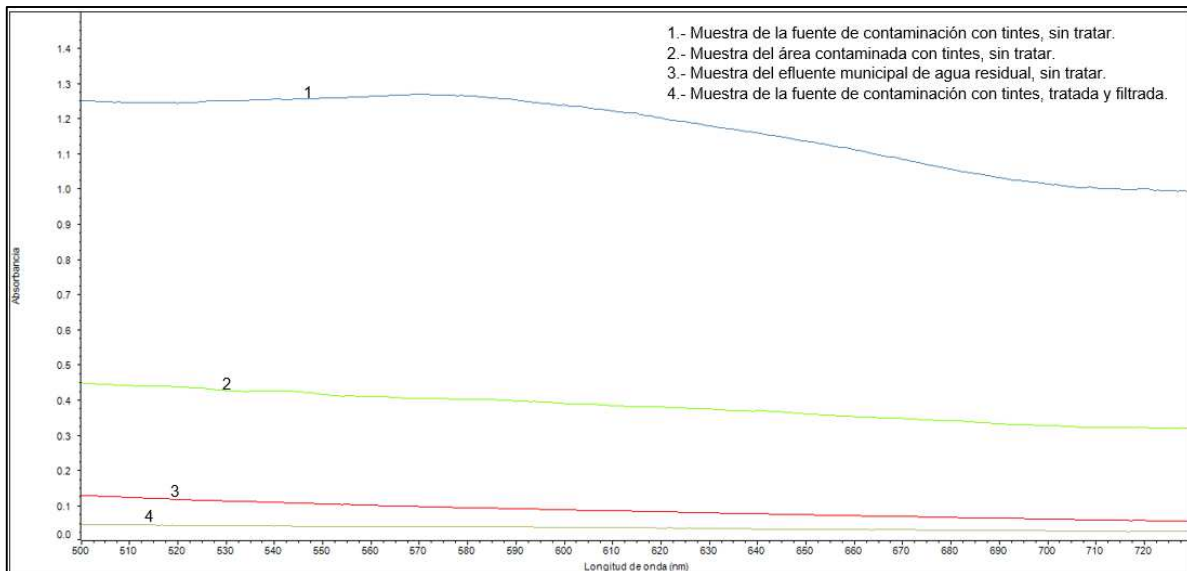


Ilustración 15 Figura 6.4.3 resultados de análisis UV-Visible después de 3 horas de contacto entre *Moringa Oleífera* y agua residual.

6.5 Resultados de análisis de las muestras del efluente municipal de aguas residuales.

Después de poner en contacto el agua residual con la *Moringa Oleífera* en la cantidad adecuada y durante el tiempo necesario para el tratamiento de la muestra, se obtuvieron muy buenos resultados puesto que la cantidad de 0.5 gr en 30 ml de agua logra remover los colorantes sintéticos de una manera muy eficaz, donde la semilla de moringa toma el papel de floculante natural logrando que los contaminantes químicos formen floculos del químico presente en el agua y debido a que cada vez son partículas más pesadas logran sedimentarse y es más fácil de retirarlos del agua con un método de filtrado sencillo, quedando como resultado agua libre de contaminantes químicos.

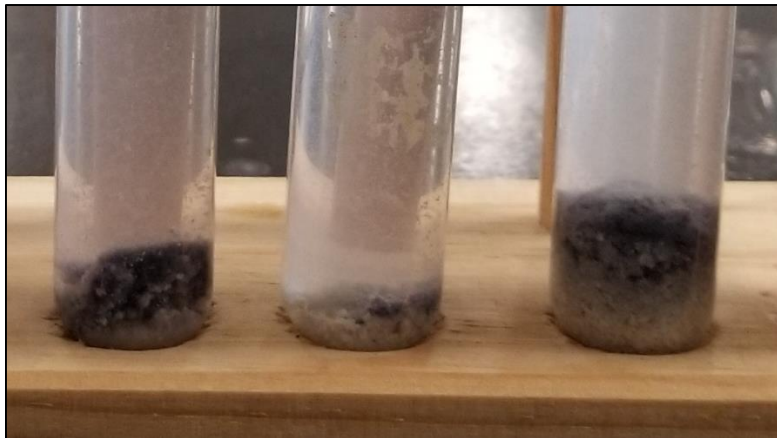


Ilustración 16 **Figura 6.5.1** Contaminante químico de muestras de agua residual floculado y sedimentado en tubos de ensayo.

Además, después de analizar las muestras tratadas en el espectrofotómetro UV-Visible se logra apreciar que los picos que aparecían antes en ciertas longitudes de onda desaparecieron. Obteniendo así unas muestras de agua residual contaminada con tintes de industria textil tratadas adecuadamente reduciendo notablemente la absorbancia en las muestras, donde los picos de contaminación aparecían entre los rangos 550 a 750 nm con una absorbancia de hasta 1.3 y se lograron disminuir con el tratamiento a una absorbancia de 0.1, considerando que 1.3 de absorbancia equivale al 100% y 0.1 de absorbancia en las muestras tratadas equivale a 7.69% calculando con regla de tres el valor. lo cual nos indica que el tratamiento con semilla de *Moringa Oleifera* logra remover los colorantes sintéticos en el agua con una eficiencia del 92.3%.

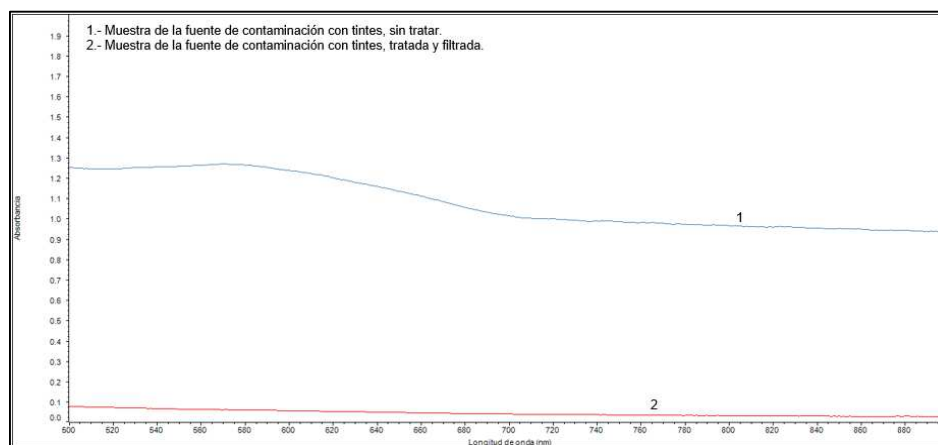


Ilustración 17 **Figura 6.5.2** Resultado de análisis en espectrofotómetro UV-Visible en muestra tratada.

El resultado final del tratamiento de aguas residuales donde la muestra contaminada con colorantes sintéticos descubiertos en el análisis del espectrofotometro UV-Visible arrojó que los colores presentes en la muestra en la longitudes de onda entre 550-750 nm son Rojo, Azul, Azul verdoso y Verde azulado, los cuales fueron removidos con el tratamiento aplicado a las muestras de agua residual donde al final se le realizó un filtrado con papel filtro quedaron como se observa en la figura 6.5.3, donde la muestra contaminada es la de la derecha y las muestras tratadas son las 2 que aparecen con el agua transparente.

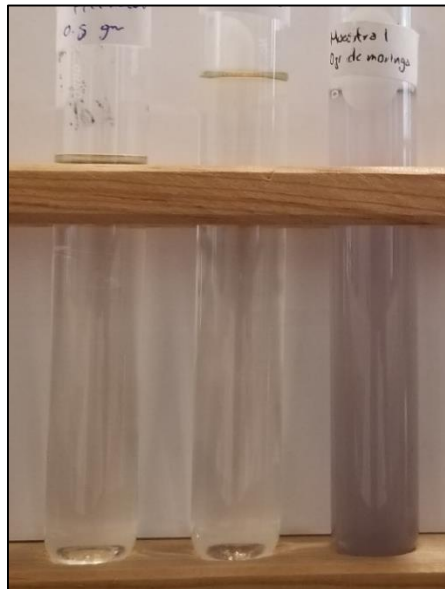


Ilustración 18 **Figura 6.5.3** Resultados de tratamiento del agua residual, tubos de la izquierda muestras tratadas y tubo de la derecha muestra sin tratar.

6.6 Resultados de pruebas microbiológicas y bioquímicas.

Como resultado en la medición del pH de las muestras de agua residual sin tratar y tratadas se obtuvo un cambio en los valores de pH de las muestras de agua del área contaminada con colorantes sintéticos y en las muestras del efluente de agua residual, mientras que en las muestras de agua de la fuente de contaminación por colorantes sintéticos el valor de pH se mantuvo igual aun después del tratamiento como se muestra en la tabla (6.6.1) y figura (6.6.1) siguientes.

Capítulo 6. Resultados.

Tabla e **Tabla 6.6.1** Valores de pH de las muestras antes y después de recibir el tratamiento.

pH		
Muestra	Valor antes del tratamiento	Valor después del tratamiento
Fuente de contaminación por colorantes sintéticos	5	5
Área contaminada por colorantes sintéticos	8	7
Efluente de aguas residuales (Caudal)	8	6



Ilustración 19 **Figura 6.6.1** Resultados de mediciones de pH en muestras de agua residual tratadas ordenadas de izquierda a derecha en orden descendiente como se muestra en la tabla 6.6.1.

Pruebas Microbiológicas

Se realizó la preparación de los caldos EC-Broth y Selenito de sodio, siendo estos caldos selectivos para enterobacterias, los cuales fueron inoculados con las muestras de agua residual, rotulándolos para identificar cual tubo contenía el crecimiento de cada muestra como se muestra en la figura 6.6.2.



Ilustración 20 **Figura 6.6.2** Caldos EC-Broth y Selenito de sodio inoculados con muestras de agua residual.

Capítulo 6. Resultados.

Los resultados obtenidos en estos medios de cultivo selectivos fueron muy notorios en el medio EC-Broth que permite el crecimiento de coliformes fecales, totales y *E. coli*, se consiguió crecimiento en las muestras 2 y 3 las cuales son área contaminada con colorantes y caudal del efluente municipal respectivamente, mientras que en la muestra 1 la cual es fuente de contaminación con colorantes sintéticos se inhibió el crecimiento de bacterias, posiblemente esto debido al pH de la muestra contaminada con colorantes sintéticos puesto que ese valor de pH no es favorable para el crecimiento de las bacterias, siendo un medio demasiado ácido para las mismas. El crecimiento en estos medios se nota por turbidez en el tubo y producción de gas.

En el caso de los caldos Selenito de sodio el cual permite el enriquecimiento selectivo de *Salmonella spp*, se obtuvo poco crecimiento de microorganismos en los tubos que fueron inoculados, lo que significa según los resultados indicados en la ficha técnica del medio indica poco o inhibición de crecimiento en los tubos cuando se trata de *E. coli* o *Shigella sp*.

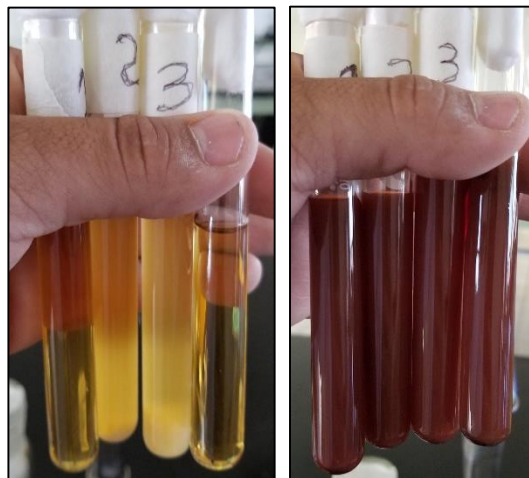


Ilustración 21 **Figura 6.6.3** Crecimiento en caldos EC-Broth (izquierda) y Selenito de sodio (derecha) inoculados con muestras de agua residual, comparados con el tubo blanco (sin inocular) de cada caldo el cual es el ubicado del lado derecho en cada imagen.

Posterior a lo obtenido se tomó una pequeña muestra de cada tubo a las cuales se les realizó una tinción Gram para identificar las bacterias presentes en las muestras en el microscopio. La cual permite a las bacterias Gram negativas teñirse de color rojo o rosado y a las Gram positivas de color violeta y así diferenciarlas, estas

Capítulo 6. Resultados.

tinciones se deben gracias a las características morfológicas de cada tipo de bacteria, es por esto que pueden retener alguno de los 2 colorantes que se utilizan en esta tinción.

En el análisis de las muestras de agua residual se obtuvo que existe crecimiento de bacilos Gram negativos puesto que se tiñeron de color rojo. (Figura 6.6.4).

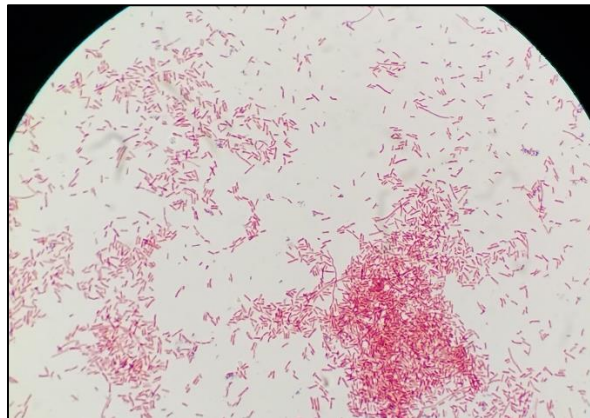


Ilustración 22 **Figura 6.6.4** Bacterias (Bacilos Gram negativos) observadas en microscopio de muestra de agua residual.

Después de haber obtenido crecimiento en los caldos EC-Broth y Selenito de sodio, de ahí se partió para inocular los medios EMB (Eosina y Azul de Metileno), Mac Conkey y Salmonella Shigella (SS) con los caldos mencionados anteriormente como se indica en las fichas técnicas de cada medio de cultivo para posterior analizar los resultados.

Para los medios EMB no se obtuvo un desarrollo de colonias en el medio, pero si presencia de bacterias en el medio en color verde metálico para las muestras 2 (área contaminada con colorantes sintéticos) y 3 (caudal del efluente municipal de aguas residuales), pero se obtuvo crecimiento inhibido en muestras 1 (fuente de contaminación con colorantes sintéticos). Lo cual indica la ficha técnica del medio al presentar crecimiento en verde metálico existe la bacteria *E. coli*.



Ilustración 23 **Figura 6.6.5** Crecimiento de *E. coli* en medios EMB de las muestras área contaminada y caudal del efluente de aguas residuales.

En el caso del medio de cultivo Mac Conkey se obtuvo crecimiento de pequeñas colonias de bacterias lactosa negativas en los medios inoculados de las muestras 2 (área contaminada) y 3 (caudal del efluente), lo cual indica la interpretación de resultados en la ficha técnica del medio, al obtener ese crecimiento en dicho color existe presencia de *Shigella sp.* (Figura 6.6.6).

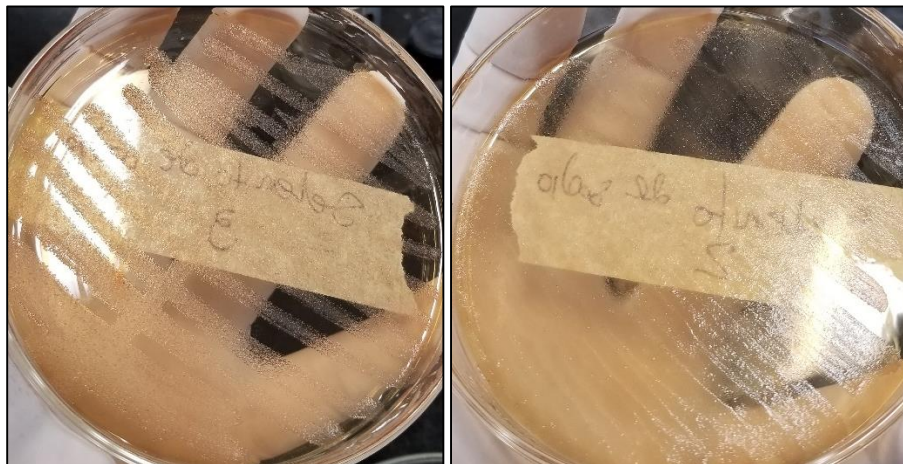


Ilustración 24 **Figura 6.6.6** Crecimiento de *Shigella sp.* en medios Mac Conkey de las muestras caudal del efluente de aguas residuales (izquierda) y área contaminada por colorantes sintéticos (derecha).

El medio de cultivo SS (Salmonella – Shigella) arrojó como resultado crecimiento de bacterias de color del medio (incoloras) y casi crecimiento inhibido, lo cual nos indica la ficha técnica del medio al presentar este tipo de crecimiento presencia de *Shigella sp.* en las muestras de agua residual tanto del área contaminada por colorantes sintéticos como del caudal del efluente de agua residual.(Figura 6.6.7) mientras que

Capítulo 6. Resultados.

en los medios inoculados con muestra de la fuente de contaminación por colorantes sintéticos los microorganismos fueron inhibidos al no presentar desarrollo.

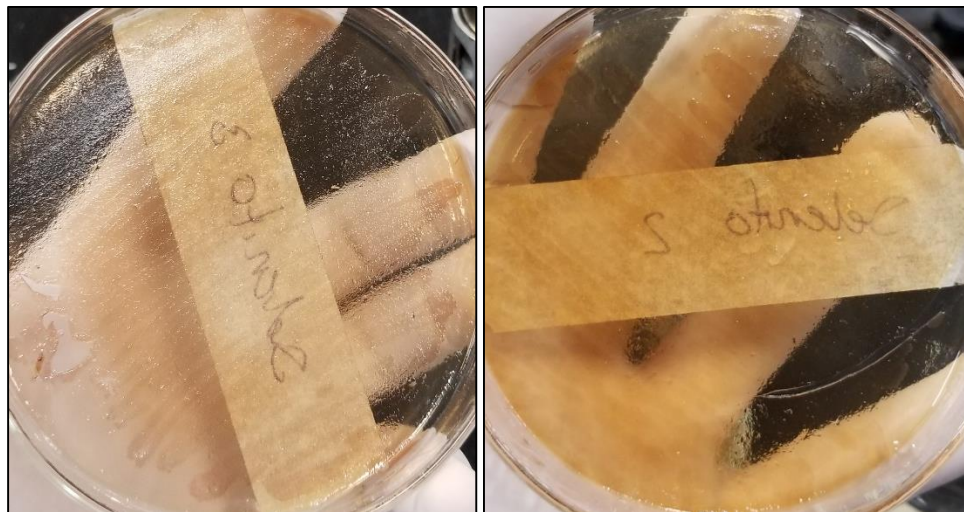


Ilustración 25 **Figura 6.6.7** Crecimiento de *Shigella sp.* en medios Salmonella - Shigella de las muestras caudal del efluente de aguas residuales (izquierda) y área contaminada por colorantes sintéticos (derecha).

Por lo tanto, los resultados observados en los medios anteriores indican en medio EMB el crecimiento de la enterobacteria *E. coli* después de 24 horas de incubación a 37 °C, mientras que en el medio Mac Conkey & SS resultó un crecimiento de colonias de *Shigella sp.* Después de 24 horas de incubación a 37 °C lo cual se verifica en las siguientes pruebas bioquímicas a las cuales se sometieron las muestras de agua residual obtenidas de los diferentes puntos de muestreo del efluente municipal ya crecidas en los medios EC Broth y Selenito de sodio.

Pruebas Bioquímicas

En las pruebas bioquímicas del medio KIA resulto superficie y profundidad ácidas A/A indicando que el microorganismo es fermentador de glucosa y lactosa, también presentando producción de gas. Analizando la ficha técnica del medio se asegura la presencia de *E. coli* puesto que indica esta bacteria como A/A (reacción ácida) con producción de gas, los cuales fueron los resultados obtenidos observados en la figura (6.6.8).

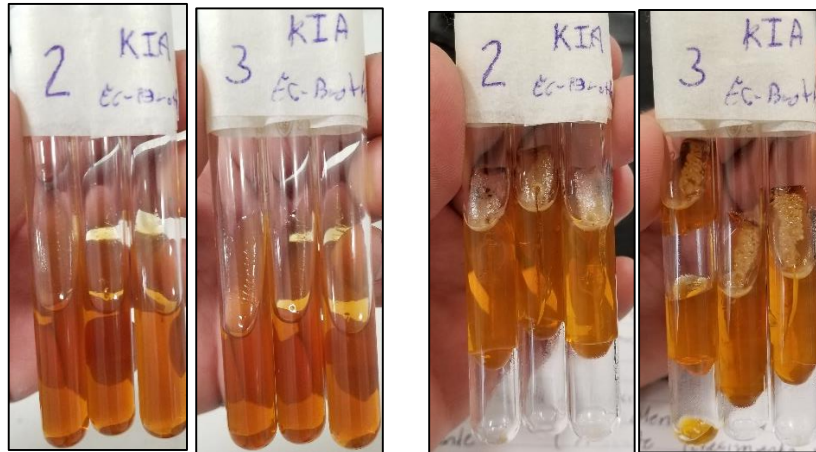


Ilustración 26 **Figura 6.6.8** Resultados de pruebas bioquímicas en medio KIA imágenes de la izquierda medios sin inocular, imágenes de la derecha medios inoculados y mostrando resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos para los medios Citrato de Simmons fueron positivos para la bacteria *E. coli* la cual se presenta en esta prueba sin cambio en el medio original antes de inocular, quedando en color verde el medio también, en los medios inoculados se observan con estas características a excepción de un tubo el cual, si sufrió un pequeño cambio, pero posiblemente fue por contaminación del medio el cual no es un resultado representativo por lo tanto el resultado da positivo para la enterobacteria *E. coli*. Como lo indica la ficha técnica del medio (Figura 6.6.9).

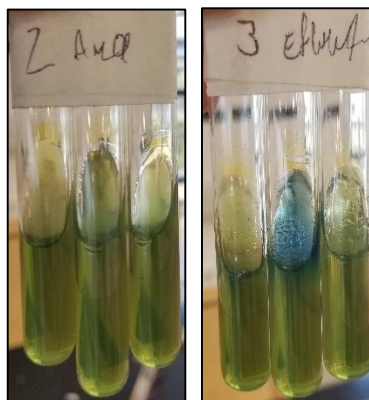


Ilustración 27 **Figura 6.6.9** Resultados de pruebas bioquímicas en medio Citrato de Simmons.

En las pruebas MR-VP los resultados obtenidos fueron positivos al presentar fuertes fermentaciones de glucosa reveladas al agregarle rojo de metilo a los medios pasaron a ser color rojo, indicando en la ficha técnica del medio este cambio para la enterobacteria *E. coli*. (Figura 6.6.10).

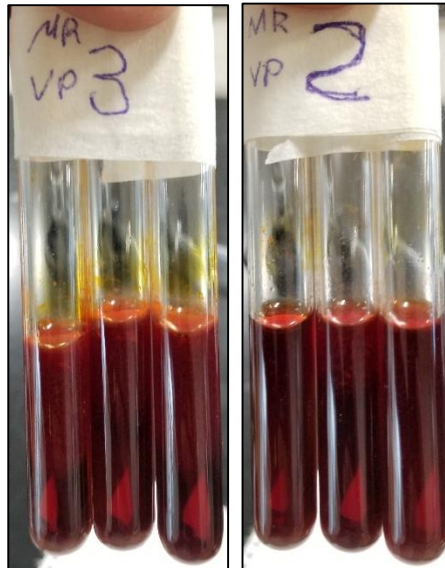


Ilustración 28 **Figura 6.6.10** Resultados de pruebas bioquímicas en medio MR-VP.

Al haber realizado el tratamiento del agua residual con la semilla de Moringa Oleífera se sometieron las muestras tratadas a pruebas microbiológicas donde los resultados obtenidos fueron de igual manera enterobacterias *E. coli*. En los medios inoculados con muestras de agua 2 (área contaminada por colorantes sintéticos) y 3 (caudal del efluente municipal de aguas residuales), mientras que en el 1 (fuente de contaminación por colorantes) no se presentó crecimiento. Las bacterias podrán ser eliminadas en la planta tratadora de agua municipal por otros métodos como radiación UV.

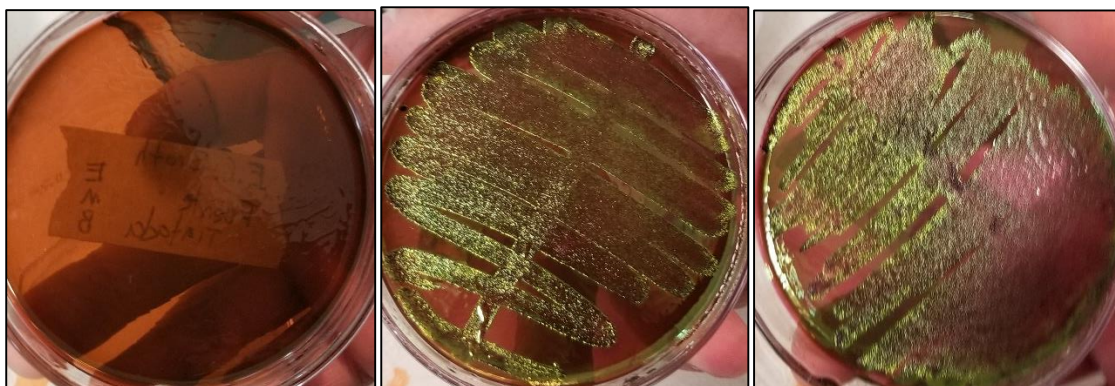


Ilustración 29 **Figura 6.6.11** Resultados de pruebas microbiológicas realizadas a las muestras de agua tratadas con semilla de Moringa Oleífera, presentando crecimiento inhibido en muestra 1 (izquierda) y presentando crecimiento de bacterias en color verde metálico en muestras 2 (centro) y 3 (derecha).

CAPÍTULO 7

Conclusiones y trabajo futuro

Después de realizar la investigación y todas las pruebas a las muestras de agua residual se llegó a la conclusión de que principalmente el *lirio* no funciona como método de tratamiento para el agua residual de efluentes municipales en la manera que fue propuesto en la investigación, resultando la semilla de *Moringa Oleífera* un método de tratamiento de aguas residuales muy eficaz para la remoción de contaminantes químicos como lo son los colorantes sintéticos en un tiempo determinado de 3 horas de contacto la semilla con el agua. Obteniendo que 0.5 gr de semilla de *Moringa Oleífera* molida pueden tratar y eliminar del agua los contaminantes químicos (colorantes sintéticos de industria textil) presentando una efectividad de remoción de contaminantes del 99%. Obteniendo también que el pH de las muestras que no estaban contaminadas con colorantes químicos cambia al momento de recibir el tratamiento con semilla de *Moringa Oleífera* a un valor más cerca del neutro y la muestra contaminada con colorantes químicos aun después de ser tratada conserva el mismo valor de pH.

En las pruebas microbiológicas y bioquímicas se encontró presente la bacteria *E. coli* y *Shigella* sp. siendo estas de la familia de las enterobacterias Gram negativas, no es posible removerla con semilla de *Moringa Oleífera*, pero para eliminarlas se puede realizar en la planta tratadora con un método diferente como pudiera ser radiación UV.

Siendo este tratamiento eficaz en un 99% para contaminantes químicos en el agua residual, además de otras partículas de materia orgánica que logra remover la semilla de *Moringa Oleífera* por actuar como coagulante y posterior sedimentación dejando el agua del efluente municipal con menos contaminantes para que así, su tratamiento en la planta tratadora sea mucho más eficaz.

Obteniendo como resultado que la semilla de *Moringa Oleífera* funciona perfectamente como medio para tratamiento de aguas residuales que contengan

Capítulo 7. Conclusiones y trabajo a futuro.

colorantes sintéticos, siendo una alternativa amigable con el medio ambiente y además muy accesible puesto que el precio de este producto por mayoreo es muy económico rondando entre los \$115 a \$135 pesos por kilo. Otra alternativa pudiera ser cultivar arboles de Moringa en el invernadero municipal debido a que poseen una gran capacidad para adaptarse al entorno.

TRABAJO A FUTURO

Como parte de la continuación de esta investigación, se deben realizar las siguientes actividades:

- Realizar un prototipo para el tratamiento del agua residual del efluente municipal para instalarse en el canal de aguas residuales, donde se pueda manipular con facilidad la semilla de *Moringa Oleífera* y el tratamiento se pueda efectuar de la manera correcta para eliminar los contaminantes químicos.
- Realizar prototipo para tratamiento de aguas residuales de procesos de industrias textiles que se pueda instalar en los puntos de descarga de las industrias.

Referencias

- Avelino, M. F., Méndez, N. R., & Tamayo, D. M. (2009). Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de Moringa Oleifera como coagulante. *Tropical and subtropical agroecosystems.*, 523-527.
- Brown, M., & De Vito, S. (1993). Predicting azo dye toxicity. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technologys*, 249-324.
- Camareno Vargas, M., & Romero Esquivel, L. G. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en costa rica. *Tecnología en marcha.*, 37-41.
- CONACYT. (2018). Agendas de innovación. *recuperado el 2018.*
- Etanal, M., Lizama, H., A., G., & J., R. (2018). Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil. 1-5.
- F. Braña, M., Cacho, M., & Guisado, C. (2006). Plan de monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales en el sur de Ahuachapan. . 1-52.
- Garcés Giraldo, L. F., & Peñuela Mesa, G. A. (2007). Tratamiento de las aguas residuales de una industria textil utilizando colector solar . *Lasallista de investigación*, 4(2).
- J.C, C., & G.G, B. (2016). Efficiency comparison of ozonation, photolysis, photocatalysis and photoelectrocatalysis methods in real textile wastewater decolorization. *Elservier*, 1-6.
- Ramsay, J., & Nguyen, T. (2002). Decoloration of textile dyes by trametes versicolor and effect on dye toxicity. . *Biotechnol*, 1757-1761.
- Solis, S. R., Laines, C. J., & Hernandez, B. J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales . *Revista internacional de contaminación ambiental*, 13-15.
- Suhas , V. (2009). aplicattion of low-cost adsorbents for dye removal a review. *Journal of enviromental management.*, 23-42.
- Wolfgang von Goethe, J. (1999). Teoría de los colores. *Colegio oficial de aparejadores y arquitectos tecnicos de Murcia.*

Anexo 1

Imágenes de muestra tratada con *Moringa Oleífera* analizada visualmente cada 30 minutos y en el espectrofotómetro.

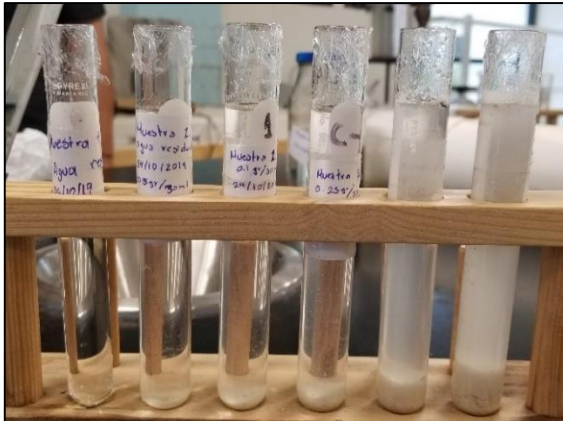


Figura 6.4.4 Muestra en contacto con *Moringa* 30 min.

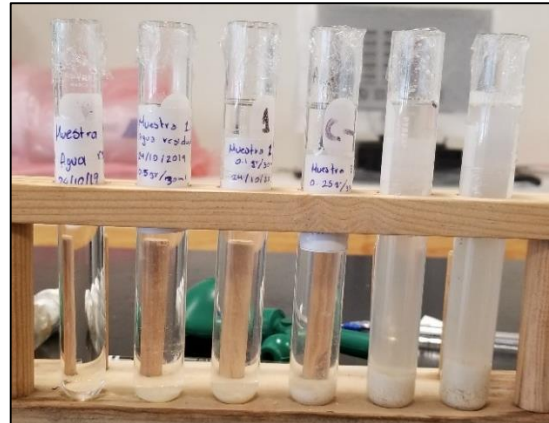


Figura 6.4.5 Muestra en contacto con *Moringa* 60 min.



Figura 6.4.6 Muestra en contacto con *Moringa* 90 min.



Figura 6.4.7 Muestra en contacto con *Moringa* 120 min.

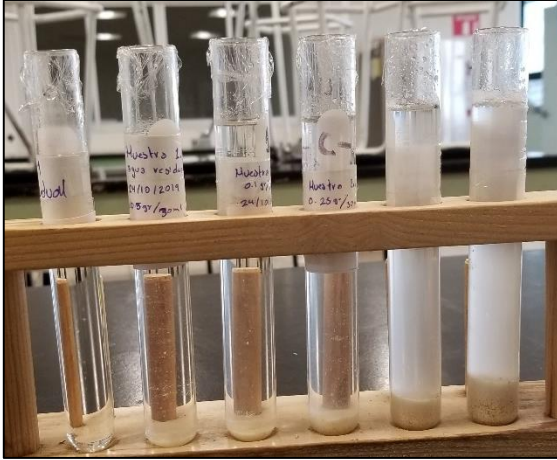


Figura 6.4.8 Muestra en contacto con *Moringa* 150 min.

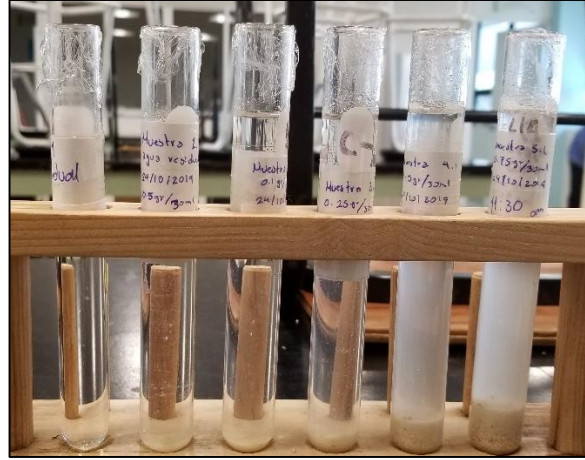


Figura 6.4.9 Muestra en contacto con *Moringa* 180 min.

Imágenes de muestras analizadas en el espectrofotómetro UV-Visible y tratamiento con *Moringa Oleífera*.



Figura 6.4.10 Muestra fuente de contaminación con tintes de industria textil.

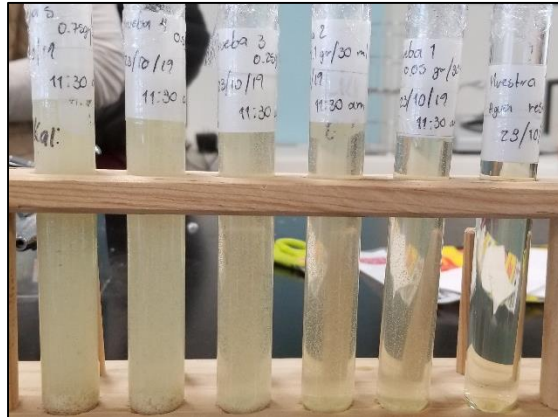


Figura 6.4.11 Muestra efluente municipal de aguas residuales.

Anexos.

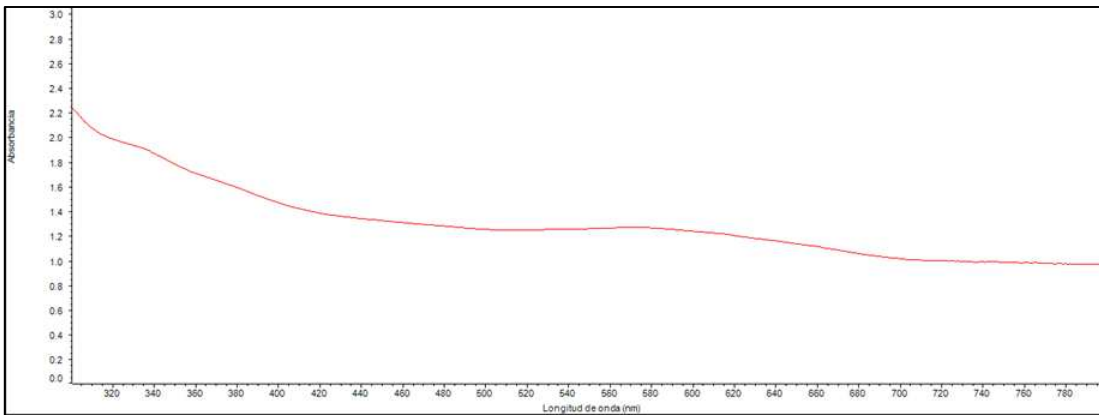


Figura 5.6.3 Análisis de absorción de muestra fuente de contaminación con tintes de industria textil.

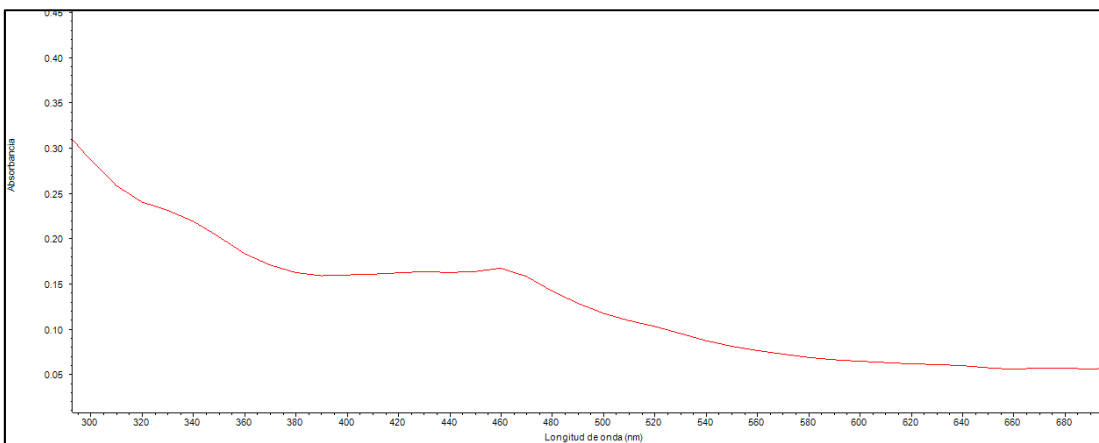


Figura 5.6.4 análisis de absorción de muestra del efluente municipal de aguas residuales.