



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**APLICACIÓN DE LA *MORINGA OLEÍFERA* COMO
BIOCOAGULANTE EN DOS PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS DOMÉSTICAS EN SAMBORONDÓN 2021**
INVESTIGACION DE CAMPO Y LABORATORIO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES
CHANGO ALDAS MARIA LAURA
RUIZ MERINO KEVIN ISRAEL

TUTOR
MUÑOZ NARANJO DIEGO IVÁN MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **MUÑOZ NARANJO DIEGO IVAN**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **APLICACIÓN DE LA MORINGA OLEÍFERA COMO BIOCOAGULANTE EN DOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS EN SAMBORONDÓN 2021**, realizado por los estudiante **CHANGO ALDAS MARIA LAURA**; con cédula de identidad N° 1804705646 y **RUIZ MERINO KEVIN ISRAEL** con cédula de identidad N° 0930727763 de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Diego Muñoz Naranjo

Guayaquil, 11 de Marzo del 2022




UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN


Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“APLICACIÓN DE LA MORINGA OLEÍFERA COMO BIOCOAGULANTE EN DOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS EN SAMBORONDÓN 2021”** realizado por los estudiantes **CHANGO ALDAS MARIA LAURA Y RUIZ MERINO KEVIN ISRAEL**, los mismos que cumplen con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,


DR. FREDDY ARCOS RAMOS
PRESIDENTE


OCE. LEILA ZAMBRANO ZAVALA
EXAMINADOR PRINCIPAL


ING. LUIS MOROCHO
EXAMINADOR PRINCIPAL


ING, DIEGO MUÑOZ NARANJO
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 14 de Marzo del 2022

Dedicatoria

Con todo nuestro corazón les dedicamos a nuestros padres quienes han forjado nuestros caminos, quienes siempre tuvieron una palabra de aliento y con amor fueron guía y apoyo en todo momento.

Agradecimiento

En primera instancia agradecemos a la empresa Amagua por permitirnos ingresar a sus plantas de tratamiento para la realización de la presente investigación, también agradecemos a nuestro tutor que nos apoyó y guió en el desarrollo de nuestra tesis y por ultimo agradecemos al Universidad Agraria del Ecuador por brindarnos el laboratorio de suelos.

Autorización de Autoría Intelectual

Nosotros **CHANGO ALDÁS MARÍA LAURA** y **RUIZ MERINO KEVIN ISRAEL**, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre “**APLICACIÓN DE LA MORINGA OLEÍFERA COMO BIOCOAGULANTE EN DOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS EN SAMBORONDÓN 2021**” para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizamos a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 11 de Marzo del 2022

CHANGO ALDAS MARIA LAURA
C.I. 1804705646

RUIZ MERINO KEVIN ISRAEL
C.I. 0930727763

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL	6
Índice general	7
Índice de figuras	16
Resumen	18
Abstract	19
1. Introducción.....	20
1.1 Antecedentes del problema	20
1.2 Planteamiento y formulación del problema	22
1.2.1 Planteamiento del problema	22
1.2.2 Formulación del problema	23
1.3 Justificación de la investigación	23
1.4 Delimitación de la investigación.....	23
1.5 Objetivo general	24
1.6 Objetivos específicos	24
1.7 Hipótesis	25
2. Marco teórico.....	26
2.1 Estado del arte.....	26
2.2 Bases teóricas	27
2.2.1 Calidad del agua.....	27

2.2.2 Aguas residuales.....	27
2.2.3 Aguas residuales domésticas.....	28
2.2.3.1 Parámetros de calidad de agua	29
2.2.4 Conciencia ambiental	29
2.2.5 Parámetros principales	29
2.2.5.1 pH.....	29
2.2.5.2 Oxígeno disuelto	29
2.2.5.3 Conductividad	30
2.2.5.4 Sólidos disueltos totales	30
2.2.5.5 Temperatura.....	30
2.2.5.6 Turbidez.....	30
2.2.5.7 Coliformes totales	31
2.2.5.8 DBO ₅	31
2.2.5.9 DQO	31
2.2.5.10 Nitritos y Nitratos	31
2.2.5.11 Caudal	32
2.2.6 Tipos de tratamiento	32
2.2.6.1 Tratamiento primario	32
2.2.6.2 Tratamiento secundario	32
2.2.6.3 Tratamiento terciario.....	32
2.2.7 Procesos de tratamientos de aguas residuales domésticas	33
2.2.7.1 Coagulación – Floculación.....	33
2.2.7.2 Biocoagulantes.....	33
2.2.8 Moringa oleífera.....	34
2.2.8.1 Moringa oleífera como biocoagulante	34

2.2.8.2 Ecobalance.....	35
2.3 Marco legal.....	35
2.3.1 Constitución del Ecuador.....	35
2.3.1.1 Acuerdo ministerial 061 año 2015	37
3. Materiales y métodos.....	39
3.1 Enfoque de la investigación.....	39
3.1.1 Tipo de investigación	39
3.1.2 Diseño de investigación	39
3.2 Metodología	40
3.2.1 Variables	40
3.2.2 Variable independiente.....	40
3.2.3 Variable dependiente	40
3.2.4 Recolección de datos	40
3.2.5 Métodos y técnicas	41
3.2.5.1 Toma de muestra de agua.....	41
3.2.5.2 Protocolo de análisis de laboratorio.....	41
Determinación de los flujos máxicos de dos plantas de tratamiento de aguas residuales mediante ecobalance.....	42
3.2.6 Cálculo del caudal.....	42
3.2.6.1 Cálculo del caudal de salida	42
3.2.6.2 Ecobalance.....	42
Caracterización de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.	43
3.2.7 Análisis de sólidos disueltos totales	43
3.2.7.1 Análisis de turbidez	43

3.2.7.2	Análisis de oxígeno disuelto.....	43
3.2.7.3	Análisis de los coliformes totales	44
3.2.7.4	Análisis de DQO	44
3.2.7.5	Análisis de DBO ₅	44
Aplicación de la moringa oleífera como coagulante en las plantas de		
tratamiento de aguas residuales.		
3.2.8	Preparación de la semilla de <i>M. oleífera</i> y la muestra	44
3.2.8.1	Concentraciones de <i>M. oleífera</i>	45
3.2.8.2	Método de jarra.....	45
Análisis de la efectividad de la <i>M. oleífera</i> como biocoagulante en las		
muestras de dos plantas de tratamiento mediante ensayos de laboratorio		
para la comparación con la norma de calidad ambiental y de descargas de		
efluentes al recurso agua.....		
3.2.9	Recolección de resultados.....	46
3.2.9.1	Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes:	
	recurso agua.....	46
Concientizar al personal de mantenimiento sobre los beneficios de la		
aplicación de un biocoagulante en las plantas de tratamiento.		
3.2.10	Visitas técnicas a las plantas de tratamientos.	47
3.2.10.1	Reconocimiento del personal encargado	47
3.2.10.2	Charlas de concientización.....	47
3.2.10.3	Demostración del biocoagulante	48
3.2.10.4	Entrega de semillas de <i>M. oleífera</i> al personal encargado	48

Proponer un método de coagulación-floculación de tipo de orgánico para las dos plantas de tratamiento de agua, acuerdo a los análisis obtenidos durante la investigación.	48
3.2.11 Resultados de método de jarra	48
Concentración de dosis de M. oleífera	48
3.2.11.1 Propuesta de tratamiento.....	48
3.2.11.2 Objetivos de la propuesta.....	49
3.2.12 Diseño experimental	49
3.3 Análisis estadístico.....	50
3.3.1 Análisis de varianza en diseño de parcelas divididas	50
3.3.2 Decisión	51
3.3.3 Análisis descriptivo	51
4. Resultados	52
4.1 Determinación de los flujos máxicos de las plantas de tratamiento VistaSol y TerraSol mediante ecobalance.....	52
4.1.1 Cálculo del caudal.....	52
4.1.2 Ecobalance de Sólidos disueltos totales.	52
4.1.3 Ecobalance de Turbidez.....	53
4.1.4 Ecobalance de Oxígeno disuelto.....	53
4.1.5 Ecobalance de Coliformes totales.	53
4.1.6 Ecobalance de DQO.....	54
4.1.7 Ecobalance de DBO₅.....	54
4.2 Caracterización de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.	55
4.2.1 Análisis de los sólidos disueltos totales.....	55

4.2.2	Análisis de la turbidez	56
4.2.3	Análisis del oxígeno disuelto.....	57
4.2.4	Análisis de los coliformes totales	57
4.2.5	Análisis del DBO ₅	58
4.2.6	Análisis del DQO	59
4.3	Aplicación de <i>M. oleífera</i> como coagulante en las muestras de las plantas.....	60
4.3.1	Preparación de la semilla de <i>M. oleífera</i>	60
4.3.2	Preparación de la muestra	60
4.3.3	Método de jarras.....	60
4.3.4	Tratamientos de <i>M. oleífera</i> y tabulación	61
4.3.4.1	Efectos de la <i>M. oleífera</i> en los sólidos disueltos totales.	61
4.3.4.2	Efectos de la <i>M. oleífera</i> en la turbidez.....	62
4.3.4.3	Efectos de la <i>M. oleífera</i> en el oxígeno disuelto	63
4.3.4.4	Efectos de la <i>M. oleífera</i> en los coliformes totales.....	64
4.4	Análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de la moringa <i>M. oleífera</i> en las dos plantas de tratamiento de aguas.	66
4.5	Concientizar al personal de mantenimiento sobre los beneficios de la aplicación de un biocoagulante en las plantas de tratamiento.	67
4.5.1	Visitas a las plantas de tratamiento	68
4.5.2	Charla de concientización.....	68
4.5.2.1	Preparación de la semilla de <i>M. oleífera</i>	68
4.5.3	Aplicación de la <i>M. oleífera</i> preparada	68
4.5.4	Ventajas ambientales y beneficios para la salud	69
4.5.5	Demostración de la aplicación de semilla pulverizada de <i>M. oleífera</i> ..	69

4.5.6 Entrega de semillas al personal encargado	69
4.5.7 Diagrama de flujo de las visitas a las plantas de tratamiento.....	69
4.6 Propuesta de un método de coagulación-floculación de tipo orgánico para las dos plantas de tratamiento de acuerdo a los análisis obtenidos durante la investigación mediante la aplicación de un diagrama de flujo. ...	70
4.6.1 Propuesta de tratamiento.....	70
4.6.2 <i>M. oleífera</i> y sus efectos en la turbidez	70
4.6.3 Objetivos de la propuesta	71
4.6.4 Materiales y métodos.....	71
4.6.4.1 Recursos	71
4.6.4.2 Instrumentos y equipos.....	71
4.6.5 Metodología	71
4.6.5.1 Implementación de un coagulante tipo orgánico y de bajo costo.	71
4.6.5.2 Análisis de porcentaje de remoción de turbidez en los tratamientos.....	72
4.6.5.3 Capacitación al personal operativo de las plantas de tratamiento.	72
4.6.6 Diagrama de flujo de la propuesta de tratamiento	72
4.7 Análisis estadístico.....	73
5. Discusión	74
6. Conclusiones.....	75
7. Recomendaciones.....	76
8. Bibliografía.....	77
9. Anexos.....	82

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados del Ecobalance de las plantas de tratamiento.....	54
Tabla 2. Resultado de los análisis de agua cruda de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento.	59
Tabla 3. Resultados del tratamiento con M. oleífera en la planta VistaSol.	65
Tabla 4. Resultados del tratamiento con M. oleífera en la planta TerraSol.	65
Tabla 5. Comparación de los tratamientos con la normativa ecuatoriana de descarga de efluentes recurso agua.....	66
Tabla 6. Consumo mundial del agua.	82
Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	82
Tabla 8. Recursos.	82
Tabla 9. Análisis de sólidos disueltos totales de agua cruda.	83
Tabla 10. Análisis de sólidos disueltos totales de agua tratada.	83
Tabla 11. Análisis de agua cruda para turbidez.....	83
Tabla 12. Análisis de agua tratada para turbidez.	84
Tabla 13. Análisis de agua cruda para oxígeno disuelto.	84
Tabla 14. Análisis de agua tratada para oxígeno disuelto.....	84
Tabla 15. Análisis de agua cruda para coliformes totales.	85
Tabla 16. Análisis de agua tratada para coliformes totales.	85
Tabla 17. Análisis de agua cruda para DBO5.....	85
Tabla 18. Análisis de agua tratada para DBO5.	85
Tabla 19. Análisis de agua para DQO.	86
Tabla 20. Análisis de agua tratada para DQO.	86
Tabla 21. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en los sólidos disueltos para la planta de tratamiento VistaSol.	86

Tabla 22. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en los sólidos disueltos para la planta de tratamiento TerraSol.....	86
Tabla 23. Tratamiento con <i>Moringa oleífera</i> y sus efectos en la turbidez para la planta de tratamiento VistaSol.	87
Tabla 24. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en la turbidez para la planta de tratamiento TerraSol.....	87
Tabla 25. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en el oxígeno disuelto para la planta de tratamiento VistaSol.	88
Tabla 26. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en el oxígeno disuelto para la planta de tratamiento TerraSol.....	88
Tabla 27. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en los coliformes totales para la planta de tratamiento VistaSol.	89
Tabla 28. Tratamiento con <i>M. oleífera</i> y sus efectos en los coliformes totales para la planta de tratamiento TerraSol.....	89
Tabla 29. Resultado del análisis estadístico aplicando el método de análisis de varianza.....	90

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales	91
Figura 2. Esquema del proceso de tratamiento de agua.....	91
Figura 3. Proceso de coagulación y floculación.....	91
Figura 4. Recolección de muestras de agua residual.....	92
Figura 5. Dimensionamiento de cisternas para cálculo de caudal.	93
Figura 6. Análisis mediante medidor de sólidos disueltos totales.	93
Figura 7. Análisis mediante método nefelométrico.....	94
Figura 8. Análisis mediante multiparámetro para oxígeno disuelto.....	95
Figura 9. Análisis mediante petrifilm para conteo de coliformes totales.....	95
Figura 10. Certificado de análisis de DBO5 y DQO para la planta TerraSol.....	96
Figura 11. Certificado de análisis de DBO5 y DQO para la planta VistaSol.	96
Figura 12. Método de jarras para determinación de dosis de <i>M. oleífera</i>	97
Figura 13. Semillas de <i>M. oleífera</i> sin cáscara.....	97
Figura 14. Semillas de <i>M. oleífera</i> pulverizadas.....	98
Figura 15. Dosis de <i>M. oleífera</i> aplicadas en las muestras.....	98
Figura 16. Resultado de la aplicación de semillas de <i>M. oleífera</i>	99
Figura 17. Agua residual tratada con <i>M. oleífera</i>	99
Figura 18. Visita técnica a las plantas de tratamiento.	100
Figura 19. Charla informativa con operador de Amagua.....	100
Figura 20 Charla informativa con el ingeniero encargado de las plantas de tratamiento de Amagua.....	101
Figura 21 Charla con operador de Amagua.....	101
Figura 22 Charla informativa acerca de la <i>M. oleífera</i> con el ingeniero Dávila trabajador de Amagua.....	102

Figura 23 Diagrama de flujo del tratamiento de las plantas TerraSol y VistaSol.	102
Figura 24. Gráfico de medias.....	103
Figura 25 Listado de beneficiarios de las charlas informativas.	103
Figura 26 Listado de beneficiarios de las charlas informativas.	104

Resumen

El presente proyecto trata de la aplicación de la *M. oleífera* como un bioacoagulante en dos plantas de tratamiento de aguas residuales. Para ello se realizaron tratamientos experimentales con 3 dosis distintas de semilla pulverizada en muestras de agua residual de 250 ml mediante el método de jarras. La investigación se desarrolló en un lapso de 3 meses, donde se realizaron varias réplicas para cada dosis de moringa; en cada replica se midieron parámetros de calidad como pH, turbidez, temperatura, DBO₅, DQO, coliformes totales y sólidos disueltos con el fin de determinar qué tratamiento tiene mayor efectividad en remoción de residuos. Los tratamientos se evidenciaron exitosos a la propuesta del proyecto dando como resultados la alta remoción de turbidez, coliformes totales y una mejoría en la calidad del agua tratada, con valores dentro de los rangos permisibles de acuerdo a la normativa de descarga de efluentes: recurso agua. Esto demuestra la ventaja del uso de la semilla de *M. oleífera* como un bioacoagulante natural de alto rendimiento y sencillo de conseguir. Los resultados obtenidos en el análisis estadístico demuestran que hay significancia entre los distintos tratamientos de *M. oleífera* lo que nos permitió optar por una decisión entre las dosis.

Palabras claves: *Moringa oleífera*, bioacoagulante, agua residual, Turbidez, y coliformes totales.

Abstract

This project aimed to the application of *M. oleifera* as a biocoagulant in two wastewater treatment plants. Some experimental treatments were carried out with 3 different doses of pulverized seed in residual water samples of 250 ml by means of the jar method. The research was developed in a period of 3 months, where several replications were made for each dose of moringa; In each replication, the quality parameters such as pH, turbidity, temperature, BOD, COD, total coliforms, suspended solids were analyzed in order to determine which treatment is more effective in removing waste. The treatments shown to be successful in this proposal, resulting in the high removal of turbidity, total coliforms and an improvement in the quality of the treated water, with values within the permissible ranges according to the effluent discharge regulations: water resource. This demonstrates the advantage of using *M. oleifera* seed as a natural, high-performance bio-coagulant easy to obtain. The results obtained in the statistical analysis show that there is significance between the different treatments of *M. oleifera*, which allowed to make a decision between the doses.

Key words: Moringa oleifera, bioacoagulant, waste water, turbidity, and total coliforms.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

A nivel mundial, la contaminación del agua aumenta día a día mediante los agentes físico - químicos con capacidad de alterar las propiedades naturales del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017); (Rodríguez, 2017). Según la UNESCO (2017) todas las actividades productoras de bienes generan contaminantes como subproductos no deseados que al pasar el tiempo terminará en algún río, lago o zona costera.

La UNESCO (2017) afirma que más del 80% de las aguas residuales en los países en vías de desarrollos se descarga sin tratamiento previo, contaminando ríos, lagos y zonas costeras a lo largo de los años. Las aguas residuales sin tratar contienen grandes cantidades de grasas, aceites, ceras y otras sustancias de densidad en el agua, lo que deberá ser removido antes de ser enviada a las plantas de tratamientos de aguas residuales (Delgado , 2017); (Rodríguez, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) manifestó en varias ocasiones que el 85% de las causas de enfermedades y muertes en el mundo están directamente relacionadas con el agua contaminada, anualmente la disentería, la diarrea y otras enfermedades hídricas cobran la vida de al menos 3 millones de personas (Arenas, 2018).

Según la UNESCO (2015), la población mundial aumenta a un ritmo de 80 millones de personas al año generando así una demanda de agua dulce cada vez mayor. Las actividades antropogénicas como la agricultura , la industria y el uso doméstico, provocan la generación de aguas residuales que incrementa al pasar de los años, lo que hace necesaria la búsqueda de metodologías necesarias para solucionar esta problemática (Gómez , 2018). Ver anexo Tabla 6; porcentajes del consumo mundial de agua.

América Latina con una población aproximada de 638 millones de personas (8,6% de la población mundial) posee la mayor disponibilidad de agua en el mundo, y solo el 49% de la población cuenta con servicios sanitarios (Arenas, 2018), esto significa que más de 100 millones de personas no tienen acceso al saneamiento y países como Perú, El Salvador y México ya experimentan el denominado “estrés hídrico”.

Latinoamérica cuenta con alrededor del 31% de las fuentes de agua potable en el mundo y de las cuales se estima que aproximadamente 37 millones de personas carecen de este servicio (Mejía , Castillo, y Vera, 2016). Solo el 20% de las aguas residuales de América Latina recibe tratamiento lo que genera daños ambientales, a la salud humana y genera pérdidas económicas. Y debido a esto, anualmente se reportan un aproximado de 150 000 muertes por enfermedades hídricas de los cuales el 85% ocurren en niños menores de 5 años de edad (Arenas, 2018).

Tradicionalmente en África, la India y América latina se ha utilizado coagulantes naturales de origen vegetal entre ellos tenemos las semillas de almendra, albaricoque, melocotón y la *M. oleífera* las cuales actúan de manera similar a los coagulantes sintéticos, gracias a su origen natural de estos coagulantes garantizan no ser dañinos para la salud humana.

La moringa oleífera (*M. oleífera*) es uno de los coagulantes más conocidos y recomendados debido a su origen vegetal y no es tóxico ni afecta las condiciones del agua, es de gran ayuda para la purificación del agua siendo una de las opciones preferidas debido a su origen y bajo costo (Rondón , y otros, 2017).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La empresa Aguas de Samborondón Amagua C.E.M., presta los servicios de agua potable y alcantarillado en la Parroquia La Puntilla en el Cantón Samborondón y la Parroquia La Aurora en el Cantón Daule las 24 horas del día, los 365 días del año.

Las PTAR de las urbanizaciones TerraSol y VistaSol se encargan de la recepción, tratamiento y despacho de las aguas residuales de los residentes. El agua tratada que se obtiene como resultado del tratamiento es enviada al Río Babahoyo ubicado en el cantón Daule. Los gases generados por la biodegradación se esparcen en el aire. Y la biomasa generada es utilizada como abono o para generar combustión.

El agua residual que se obtiene como producto del tratamiento tiene como disposición final una fuente de agua (río) donde provoca efectos negativos ya sea en el agua, aire, suelo o hasta en la biodiversidad, según Quiroz , Izquierdo, y Menéndez (2018), “el continuo crecimiento de la población y la presencia de modelos de desarrollos no sostenible, han tenido como consecuencia la contaminación de los ríos y la pérdida de sus recursos”. Lo que hace necesaria la toma de muestra en la zona con el fin de detectar si las condiciones del río se ven deterioradas por la introducción del agua producto del tratamiento al ecosistema.

Entre los parámetros de la calidad del agua es indispensable el análisis de oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, pH, DBO₅, DQO, sólidos disueltos totales, conductividad y coliformes totales para determinar su grado de contaminación. Citando a Mario, Juniel, Julio, y Daissy (2014) mencionan que el tipo de calidad del agua se define en función de los valores de los parámetros físicos, químicos y

biológicos. Es necesario el establecimiento de la calidad del agua antes de su uso ya sea para diversos fines.

1.2.2 Formulación del problema

¿La *M. oleífera* es aplicable como un biocoagulante en el tratamiento de aguas residuales domésticas?

1.3 Justificación de la investigación

Debido a la alta contaminación, falta de control de descargas de aguas en Ecuador tenemos como consecuencia problemas en la salud y calidad de vida de los habitantes a corto y largo plazo, se hace necesaria la intervención de profesionales que contribuyan con ideas para reducir hasta el mínimo el grado de impacto a los cuerpos de agua.

Es importante entender que la mayoría de aguas residuales domésticas post tratamiento son descargadas a los cuerpos de agua con agentes nocivos para el ambiente. De acuerdo con el Mae, (2017), el mayor foco de contaminación de los cuerpos de agua en el Ecuador los constituyen las aguas residuales domésticas ubicadas en zonas de mayor concentración urbana.

Este estudio evaluará la eficiencia de la aplicación de la moringa *M. oleífera* como biocoagulante en las plantas de tratamiento de aguas residuales en las urbanizaciones Terrasol y Vistasol mediante eco balance con la finalidad de comparar los parámetros con la normativa vigente y mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento. De acuerdo con Barrantes y Núñez (2017) es necesario evaluar la eficacia de los tratamientos de aguas residuales para determinar si cumple o no con la normativa nacional (Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua).

1.4 Delimitación de la investigación

La investigación se realizará en las urbanizaciones TerraSol y VistaSol ubicadas en el Km. 7^{1/2} de la vía Samborondón.

- **Espacio:** Planta de tratamiento de aguas residuales urbanizaciones TerraSol (-2.08796082456792, -79.86831463564921) y VistaSol (-2.086599491246031,- 79.87073275782333) Ver anexo **Figura 1**.
- **Tiempo:** 3 meses.
- **Población:** 16 personas. (Personal encargado de las plantas de tratamiento.)

1.5 Objetivo general

Aplicar *M. oleífera* como biocoagulante en las aguas residuales provenientes de dos plantas de tratamiento para verificar su efectividad.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar los flujos máxicos de dos plantas de tratamiento de aguas residuales mediante el cálculo del eco balance.
- Caracterizar los parámetros físicos – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales mediante análisis de laboratorio.
- Aplicar *M. oleífera* como coagulante en las muestras de las plantas de tratamiento.
- Analizar la efectividad de la *M. oleífera* como biocoagulante en las muestras de dos plantas de tratamiento mediante ensayos de laboratorio para la comparación con la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua.
- Concientizar al personal de mantenimiento sobre los beneficios de la aplicación de un biocoagulante en las plantas de tratamiento mediante la aplicación de un diagrama de flujo.

- Proponer un método de coagulación-floculación de tipo orgánico para las dos plantas de tratamiento de acuerdo a los análisis obtenidos durante la investigación mediante la aplicación de un diagrama de flujo.

1.7 Hipótesis

El uso de la *M. oleífera* es aplicable como un biocoagulante en el tratamiento de aguas residuales.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Oliver Verbel, Florez Vergara, Vega Fellizola, y Villegas de Agua (2017) realizaron el estudio de tesis denominado: Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *M. oleífera* en clarificación de aguas; se determinó que la *M. oleífera* logró remover el 90% de turbidez en comparación con otros coagulantes.

Según Jaramillo Garcés y Gamboa López (2015) con su tema de tesis “Evaluación de la calidad de aguas residuales producidas por la lavadora y tinturadora de jeans “Tintex river” y su reutilización para el riego de cultivos en la parroquia de la matriz del cantón Pelileo de la provincia del Tungurahua” determinaron que nueve de los parámetros no cumplían con la normativa vigente, por lo tanto no existía una buena calidad de agua.

Vargas (2021) evaluó la planta de tratamiento de agua residual de Pueblo Nuevo, Bogota, la cual tuvo un area de 0,167m³, puesto que con el desarrollo del cálculo de flujo másico determinó concentraciones de DQO, DBO₅, y sólidos disueltos, teniendo como resultados valores de 252g/m³, 205g/m³ y 95g/m³, concluyendo que dicha carga residual no sobrepasan los límites de la norma colombiana.

De acuerdo con Chávez Ortiz, Leiva Tafur, y Fernando (2016), desarrollaron un trabajo de investigación con el tema: Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas; donde se evidenció que sobrepasaban los límites permisibles de contaminación.

Rondón Macías M., y otros (2017) desarrollaron un artículo científico con el tema “Empleo de semillas de *M. oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos”

donde determinaron que la moringa es una buena alternativa como sustitución de coagulantes sintética ya que logró reducir al 90% de la DQO respecto al agua inicial.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Calidad del agua

Se puede deducir cuando un cuerpo de agua está contaminado solo con percibir sus características como su olor, sabor, presencia de posibles organismos patógenos, haciendo imposible que pueda ser utilizada para el consumo diario u otras actividades ya que pueden ser causantes de enfermedades (Villena Chávez, 2018).

Según Ahmed , y otros (2015) es de gran importancia que el agua destinada al consumo humano tenga una calidad adecuada, por lo cual es necesario conocer y establecer límites permisibles basándose en parámetros físicos químicos y microbiológicos.

2.2.2 Aguas residuales

Se conoce como aguas residuales (AR) a aquellas que tienen una composición fisicoquímica variada cuyo origen proviene de descargas ya sean municipales, industriales, comerciales, domesticas, entre otras (Ferrer, Seco, y Robles, 2018).

Se puede afirmar que los cambios físicos, químicos y biológicos presentes en el agua es un fenómeno de contaminación, por lo tanto las aguas residuales se ganan su nombre debido a los cambios de sus condiciones naturales producto de las actividades domésticas e industriales (Vargas, Calderón, Velásquez, Castro, & Núñez, 2020; Teajada , Villabona, y Gárces, 2015).

De acuerdo con Lovato Encarnación (2018), las aguas residuales contienen materia orgánica fácilmente biodegradable, químicos orgánicos e inorgánicos,

sustancias tóxicas y agentes que causan enfermedades, y en la mayoría de los casos son descargados en ambientes acuáticos sin ningún tipo de tratamiento.

2.2.3 Aguas residuales domésticas

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de estos (Vargas, Calderón, Velásquez, Castro, y Núñez, 2020).

Los aportes que generan estas aguas son:

- **Aguas negras o fecales;** Las aguas negras son aquellas que provienen de los residuos domiciliarios, estas aguas son el resultado de diversas actividades diarias como el lavado de ropa, limpieza, mantenimiento de piscina y piletas. De acuerdo con (Aguilera Torres y Ramón Veintimilla, 2019), la calidad del agua dependerá de su origen, estas aguas generalmente contienen grandes cantidades de jabón, detergentes, aceites y demás sustancias dañinas para la salud.
- **Aguas de lavado doméstico;** Son producidas por actividades relacionadas con el consumo de agua potable: lavado de platos, duchas, lavatorios, servicios sanitarios y similares (Díaz y Caballero, 2015).
- **Aguas de limpieza de calle;** Se caracterizan por tener concentraciones de metales pesados, polvo, benceno producido por los automóviles e industrias (Pellón, López, Espinosa, y González, 2016).
- **Aguas de lluvia y lixiviados;** Estas aguas transportan los contaminantes que se encuentran presente en la atmósfera, calles y edificios a través de los desagües pluviales directamente hacia los ríos y arroyos (Pellón, López, Espinosa, y González, 2016).

2.2.3.1 Parámetros de calidad de agua

Para conocer la calidad de un cuerpo de agua se deben realizar estudios basados en un análisis de diferentes parámetros de calidad los cuales se clasifican en físicos, químicos y microbiológicos. En la actualidad existen más de 30 índices de calidad de agua, en donde se debe considerar entre 3 a 72 parámetros a analizar, la mayoría de los índices de calidad toman en cuenta una de las siguientes variables como: Oxígeno disuelto (OD), DQO, DBO₅, nitrógeno, fósforo, PH Y sólidos disueltos (Quiroz , Izquierdo, y Menéndez, 2018).

2.2.4 Conciencia ambiental

La conciencia ambiental es el conocimiento del impacto sobre la naturaleza, poseer conocimientos ambientales o responsabilidades ambientales, teniendo en cuenta los impactos que generan las actividades humanas a diario (Tonello y Valladares, Conciencia ambiental y conducta sustentable relacionada con el uso de energía para iluminación., 2015).

2.2.5 Parámetros principales

2.2.5.1 pH

El pH también conocido como el potencial de hidrógeno define la acidez o alcalinidad en la calidad del agua. Las características físico – química del agua residual a tratar son fundamentales para definir los parámetros del diseño de un sistema de tratamiento, no obstante es importante considerar el pH (Cruz y López, 2015).

2.2.5.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) se refiere a la concentración de oxígeno en el agua, usando como referencia el 100% de saturación de oxígeno en el aire. Según Velasquez Lopez (2018), el oxígeno disuelto es uno de los parámetros

imprescindibles a estudiar, debido a que gracias al oxígeno se desarrolla la vida y procesos acuáticos, a través del oxígeno es como mantiene el metabolismo los organismos vivos, por ello el oxígeno disuelto es un parámetro importante en los estudios de aguas residuales.

2.2.5.3 Conductividad

La conductividad del agua es un parámetro medible por la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica, asociándose con la densidad de sales en disolución, donde la disociación provoca la capacidad de los iones para transportar la corriente eléctrica (Baba, y otros, 2018). La conductividad del agua va a variar según la temperatura debido a la solubilidad de las sales presentes en el agua.

2.2.5.4 Sólidos disueltos totales

Los sólidos totales son la concentración de mg/l de materia orgánica presente en una muestra de agua. Para la determinación de sólidos totales es necesaria la evaporación de una muestra de agua en un recipiente previamente pesado al estar vacío, el peso que suma al del recipiente será conocido como sólidos totales (Nivelo, 2015).

2.2.5.5 Temperatura

Es un parámetro físico que permite medir la sensación de frío y calor de las partículas en una sustancia. Se relaciona con el oxígeno disuelto y con la reacción de químicos en sustancias (Rodríguez, 2009). Una variación repentina de la temperatura del agua afecta al desarrollo de la vida acuática.

2.2.5.6 Turbidez

Paguay Muñoz y Ulloa Gaibor (2015) afirma que la turbidez es la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos, siendo un

indicador del material suspendido presente en el agua. Se mide en unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU).

2.2.5.7 Coliformes totales

Los Coliformes totales son indicadores de contaminación en el agua por materia orgánica o fecal, que contienen microorganismos nocivos para la salud.

Según Moposita Chiluiza (2015) “El grupo coliforme total se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas”

2.2.5.8 DBO₅

La DBO₅ es un parámetro de la calidad de agua que nos indica el contenido de materia orgánica e inorgánica presente en un cuerpo de agua, de acuerdo con Menéndez Gutiérrez y Dueñas Moreno (2018) genera un aumento de microorganismos que degradan la materia orgánica, es decir, para que la materia orgánica se degrade y pierda contaminantes se necesita la presencia de oxígeno

2.2.5.9 DQO

La DQO o demanda química de oxígeno es la medida de materia orgánica que puede estar presente en una muestra de agua, es decir mide la cantidad de oxígeno equivalente al Cr₂O₇K₂ (dicromato potasio) que se da en la oxidación de una muestra (Menéndez Escarcena, 2018). Es la reacción de oxidar la mayor materia orgánica posible y algunos compuestos inorgánicos entre ellos sulfuros, nitritos y nitratos.

2.2.5.10 Nitritos y Nitratos

Los nitritos y nitratos son compuestos solubles presentes en el suelo y agua conformados por moléculas de nitrógeno y oxígeno, según Bolaños Alfaro, Cordero Castro, y Segura Araya (2017) son iones naturales presentes en el ciclo

del nitrógeno y está presente en el ambiente de forma soluble en agua y al combinarse con oxígeno se oxida fácilmente y se convierte en nitrato.

2.2.5.11 Caudal

Es el volumen de agua por unidad de tiempo que ingresa al tanque de aireación y a los siguientes tratamientos que se efectúan en las plantas de TerraSol y VistaSol (Figuroa y Casanova, 2015). Es uno de los parámetros principales para la depuración del agua.

2.2.6 Tipos de tratamiento

Los tratamientos de aguas residuales son complejos, por lo tanto es necesario realizar técnicas de tratamiento para los distintos agentes presentes en el agua como son las partículas en suspensión, bacterias, metales pesados, residuos (Galeano y Rojas, 2016); y estas técnicas están divididas en 3 tipos de tratamientos:

2.2.6.1 Tratamiento primario

Este tratamiento se utiliza para la eliminación y reducción de sólidos en suspensión, flotables y sedimentables. Aquí no se toma en cuenta la materia coloidal y orgánica (Galeano y Rojas, 2016).

2.2.6.2 Tratamiento secundario

Morillo Santana (2020) afirma que en este nivel de tratamiento se remueve el material biológico a través de microorganismos que se alimentan de la materia orgánica biodegradable así mismo como los sólidos en suspensión que no se removieron en el tratamiento primario.

2.2.6.3 Tratamiento terciario

Este proceso tiene como objetivo eliminar la carga orgánica residual entre otras sustancias que no pudieron ser eliminadas, aquí se obtienen mejores resultados a

comparación con otros procesos en general y que terminan siendo de muy alto costo y a su vez abarcan con otros problemas de contaminación (Morillo Santana, 2020).

2.2.7 Procesos de tratamientos de aguas residuales domésticas

Los tratamientos de agua implican procesos combinados basados en la calidad de agua a sanear, de acuerdo con Tumbaco y Acebo (2017) los protocolos de tratamientos de aguas constan de dos pasos principales: coagulación / floculación y desinfección; ver anexo **Figura 2**.

2.2.7.1 Coagulación – Floculación

Los procesos de coagulación y floculación se caracterizan por ser fenómenos relacionados que ocurren juntos en los tratamientos de aguas e implican la aglomeración de partículas a causa de la desestabilización y la salida de los agregados de la suspensión. Según Tumbaco y Acebo (2017) la coagulación se encarga de dispersar la materia coloidal presente para unirla en una masa coherente y la floculación es un proceso físico que se encarga de la adherencia de los agregados para formar grupos de mayor tamaño llamados flóculos; para así facilitar la remoción de la materia; ver anexo **Figura 3**.

2.2.7.2 Biocoagulantes

Los coagulantes de origen natural se caracterizan por ser efectivos e inoocuos para el medio ambiente debido a su carencia de toxicidad (Rondón , y otros, 2017). Sus compuestos bioactivos son polisacáridos, alcaloides, proteínas, mucílagos y taninos, que permiten desestabilizar la contaminación coloidal y eliminar sólidos disueltos en términos de DQO en los tratamientos de aguas residuales (Rondón, y otros, 2017). Se comprobó que los biocoagulantes producen menos lodo residual en comparación con los coagulantes químicos que

generalmente utilizan en los tratamientos. No producen cambios en el pH y son eficientes en la adsorción de metales pesados como el plomo, cromo, cadmio y zinc (Carrizales y Enríquez, Determinación de las dosis y concentración óptima del coagulante de *Moringa oleífera* en la clarificación del agua, 2019).

2.2.8 Moringa oleífera

La *M. oleífera* originaria de África y de la India es catalogada como uno de los mejores coagulantes de origen vegetal para la purificación de aguas, esta planta puede llegar a medir aproximadamente hasta 10 metros de altura. La planta de moringa es resistente a una gran variedad de climas incluyendo sequías, y sus hojas son ricas en vitamina y antioxidantes (Meza Leones, Riaños Donado, Mercado Martínez, Olivero Verbel, y Jurado Eraso, Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico, 2018). Entre los usos más empleados de la *M. oleífera* está la alimentación porque se la conoce por ser alta en nutrientes, en lo medicinal también llega a ser útil porque ayuda a curar hasta alrededor de 300 enfermedades.

2.2.8.1 Moringa oleífera como biocoagulante

Se ha logrado identificar el potencial de la moringa como bioacoagulante natural en aguas contaminadas, debido a que es rica en proteínas catiónicas solubles que coagulan los contaminantes así como también remueven metales pesados al igual que los coagulantes sintéticos solo que un menor costo y un reducido impacto ambiental (Hernández y Perilla, 2019)

2.2.8.2 Ecobalance

El ecobalance es un método estructurado que consiste en reportar los flujos que ingresan y salen de una empresa y si estos causan un impacto negativo o positivo hacia el medio ambiente (Martínez , 2015).

2.3 Marco legal

En este capítulo se mostrará la normativa legal aplicable del Ecuador y fácil de entender, hay que tomar siempre en cuenta los límites máximos permisibles para cada decisión o destino que se le dará al agua residual, cumpliendo con las disposiciones que emita la normativa para cada uso que se le dé al agua tratada.

Para dar continuidad al proyecto es necesario conocer la normativa ecuatoriana que rige en el país a vertidos de aguas residuales, por lo que hemos elegido como referencia la CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR y el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA.

2.3.1 Constitución del Ecuador

Título II. Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos. Sección

Cuarta. Servicios Públicos.

Art. 37.- Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se consideraran servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y,
2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de aguas de lluvia.

El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.

Título III. Derechos, garantías y obligaciones. Capítulo I. Derecho Humano al

Agua.

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano.

Capítulo III. Derechos de la naturaleza.

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derechos a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, paramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

Art. 65.- Gestión integrada del agua. Los recursos hídricos serán gestionados de forma integrada e integral, con enfoque eco sistémico que garantice la biodiversidad, la sustentabilidad y su preservación conforme con lo que establezca el Reglamento de esta Ley.

Capítulo VI. Garantías preventivas. Sección Primera. Caudal Ecológico y

Áreas de Protección Hídrica.

Art. 77.- Limitación y responsabilidades. El caudal ecológico de los cursos permanentes de agua en toda cuenca hidrográfica es intangible.

Es responsabilidad de la Autoridad Única del Agua, de las instituciones y de todas las personas, sean usuarios o no del agua, el respetar la cantidad y calidad requerida que proteja la biodiversidad acuática y los ecosistemas aledaños.

Sección Segunda.

Art. 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización,

serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Título V. Infracciones, sanciones y responsabilidades. Capítulo II.

Sanciones.

Art. 161.- Remediación. En la resolución sancionatoria se dispondrá también la remediación a la que haya lugar; en caso de incumplimiento, la Autoridad Única del Agua asumirá la remediación y procederá a repetir en contra del infractor, el valor total asumido con un recargo de hasta el 20% sin perjuicio de las acciones que por daños y perjuicios haya lugar.

Art. 162.- Multas. En la resolución sancionatoria correspondiente, la Autoridad Única del Agua aplicará una multa de conformidad con la siguiente escala:

- a) En caso de infracciones leves se aplicará una multa de entre uno a diez salarios básicos unificados del trabajador en general;
- b) En caso de infracciones graves se aplicará una multa de entre once a cincuenta salarios básicos unificados del trabajador en general; y,
- c) En caso de infracciones muy graves se aplicará una multa de entre cincuenta y uno a ciento cincuenta salarios básicos unificados del trabajador en general.

2.3.1.1 Acuerdo ministerial 061 año 2015

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Capítulo VIII Calidad de los componentes bióticos y abióticos. Sección I. Disposiciones generales.

Art. 196. De las autorizaciones de emisión, descarga y vertidos.-No se autorizarán descargas ya sean aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual, no pueda soportar la descarga; es decir, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La determinación de la capacidad de carga del cuerpo hídrico será establecida por la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional.

Sección III Calidad de componentes

Art. 209. De la calidad de agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descarga, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

Art. 210. Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente:

b) se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación.

Libro VI Anexo 1

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Criterios generales de descarga de efluentes:

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.

- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
- Permisos de descarga.
- Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación en la tabla de límites permisibles, ver anexo Tabla 7.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

En este estudio se realizaron mediciones de parámetros, por lo tanto el tipo de investigación fue la siguiente:

- **Investigación bibliográfica, inferencial, de campo y laboratorio.**

El estudio se lo realizó con el recurso bibliográfico a través de artículos, libros, revistas científicas, trabajos de tesis, y bibliotecas virtuales, donde se analizaron varios estudios relacionados en el campo de esta investigación y los cuales brindaron conocimientos científicos y técnicos (Escudero y Cortez, 2017).

El estudio es inferencial debido a la interacción con la población mediante las charlas instructivas acerca al tema tratado en la investigación (Alvarez y Castillo, 2014).

El estudio es de campo y laboratorio porque es necesario hacer toma de muestras y realizar mediciones de los parámetros establecidos.

- **Nivel de conocimiento: Descriptiva**

Este estudio es de tipo descriptivo ya que sirve para obtener una interpretación correcta de la investigación, permitiendo conocer el funcionamiento de las plantas de tratamiento con la cooperación de la recolección de datos de los análisis de calidad de agua (Escudero y Cortez, 2017).

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación tiene como objetivo la aplicación de moringa *M. oleífera* como coagulante natural, lo cual fue necesaria la experimentación y realización de pruebas de ensayo.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Para las variables independientes fue necesaria la utilización de instrumentos de medición.

3.2.2 Variable independiente

- Muestra de agua de las plantas antes del tratamiento.
- Tiempo.
- pH inicial.
- Caudal.
- Concentración de dosis de moringa *M. oleífera*.

3.2.3 Variable dependiente

Parámetros de la calidad del agua con tratamiento de moringa *M. oleífera*:

- Sólidos disueltos totales (mg/l);
- Turbidez (NTU);
- Oxígeno disuelto (mg/l);
- Coliformes totales (mg/l);
- DBO₅ (mg/l);
- DQO (mg/l).

3.2.4 Recolección de datos

Los recursos utilizados en la investigación se especificarán a continuación, ver anexo Tabla 8.

3.2.5 Métodos y técnicas

3.2.5.1 Toma de muestra de agua

Para la toma de muestra se realizó muestreo compuesto ver anexo **Figura 4**; es la combinación de varias muestras simples en el lugar durante diferentes tiempos (Quiroz , Izquierdo, y Menéndez, 2018).

3.2.5.2 Protocolo de análisis de laboratorio

Se realizó el análisis de muestras y se conservaron bajo las condiciones adecuadas, para ello se recomienda mantener las muestras en envases adaptados para preservar la integridad de las sustancias a analizar (Morillas, 2019). Así como es importante tener un registro del número de recipientes por muestra y deben estar etiquetados correctamente evitando cualquier tipo de errores incluyendo la fecha y hora de la toma de muestra.

Una vez llegadas las muestra de agua al laboratorio, se procedió a realizar los respectivos análisis para cada parámetro con la ayuda de los instrumentos y equipos correspondientes tomando en cuenta las medidas de bioseguridad (Gadvay, 2015)

A continuación se detallará el protocolo del análisis de laboratorio paso a paso:

1. Adecuarse con la vestimenta adecuada incluyendo guantes y mascarilla.
2. Se separarán y etiquetarán las muestras de agua en vasos de precipitado para cada planta.
3. Preparar los equipos a utilizar para los análisis a realizar.
4. Realizar 5 análisis para cada parámetro establecido a excepción del DQO y DBO₅ que serán analizados en un laboratorio certificado.
5. Promediar los análisis de cada parámetro.
6. Limpiar y devolver los equipos de análisis utilizados.

Determinación de los flujos máxicos de dos plantas de tratamiento de aguas residuales mediante ecobalance.

3.2.6 Cálculo del caudal

El caudal se especificó de acuerdo al dimensionamiento de las cisternas de agua de salida de las plantas de tratamiento. En esta sección fue necesario conocer el valor del caudal (Q) que las plantas de tratamiento descargan por día y los valores de los análisis de laboratorio de cada parámetro de calidad de agua a interpretar según lo estipulado en el proyecto.

A continuación se detallará el cálculo del caudal:

- Altura de las cisternas: 3 metros.
- Longitud de las cisternas: 5 metros.
- Anchura de las cisternas: 4 metros

$$\text{Volúmen} = \text{Altura} * \text{Longitud} * \text{Anchura}$$

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volúmen}}{\text{día}}$$

3.2.6.1 Cálculo del caudal de salida

Las plantas de tratamiento cuentan con una cisterna para descargar el agua tratada, cuyas dimensiones son: 3 metros de alto, 5 metros de largo y 4 metros de ancho; lo que nos revela un volumen de 60 metros cúbicos por cisterna, obteniendo un caudal diario de 120 metros cúbicos entre las 2 plantas de tratamientos. Cabe recalcar que la urbanización TerraSol cuenta con 1 planta de tratamiento adicional a la mencionada en el proyecto.

3.2.6.2 Ecobalance

Las variables previamente calculadas se las representarán en la siguiente ecuación:

$$(Q * C)_{\text{salida VistaSol}} + (Q * C)_{\text{salida TerraSol}} = (Q * C)_{\text{descarga total}}$$

Dónde:

- Q= Caudal
- C= Concentración o análisis de cada parámetro.

Caracterización de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para este objetivo se procedió a realizar los análisis en el laboratorio de suelos en la Universidad Agraria del Ecuador, siguiendo las debidas normas de

3.2.7 Análisis de sólidos disueltos totales

Para realizar el análisis de este parámetro contamos con un medidor de sólidos disueltos que nos brinda la Universidad Agraria del Ecuador; se realizará un total de 5 análisis de las muestras de agua por cada planta de tratamiento y promediarlas para tener un resultado de mayor precisión de éste parámetro.

3.2.7.1 Análisis de turbidez

Para este análisis se utilizó el método nefelométrico; este es un método para la determinación de turbidez de una solución que consiste en introducir un tubo lleno de la muestra de agua en un equipo que se encarga de medir la turbidez mediante la nefelometría. De acuerdo con Rojas Figueroa y Yurany (2007), es importante asegurar que los tubos de muestra estén impecables sin rayaduras ni huellas digitales ya que pueden comprometer la integridad de la medición.

3.2.7.2 Análisis de oxígeno disuelto

Este parámetro fue analizado en 250 ml de muestra mediante un multiparámetro que cuenta con una sonda para medir oxígeno disuelto que nos facilitó el laboratorio de suelos de la Universidad Agraria del Ecuador; donde se promediaron 5 análisis para obtener una correcta información.

3.2.7.3 Análisis de los coliformes totales

Para este parámetro se empleó el uso de placas petrifilm, de acuerdo con Torres (2019), el análisis de las muestras de agua mediante la utilización de placas petrifilm con un tiempo de incubación de 48 horas a una temperatura de 35° C es una técnica efectiva para el conteo de coliformes totales.

3.2.7.4 Análisis de DQO

Para realizar el análisis de DQO fue necesario enviar las muestras de agua a un laboratorio certificado quienes nos otorgaron los resultados a las 48 horas.

3.2.7.5 Análisis de DBO₅

Para realizar el análisis de DBO₅ fue necesario enviar las muestras de agua a un laboratorio certificado quienes nos otorgaron los resultados después de 5 días.

Aplicación de la moringa oleífera como coagulante en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Antes de empezar con la aplicación de la *M. oleífera*, fue necesario tener la semilla lista para el tratamiento.

3.2.8 Preparación de la semilla de *M. oleífera* y la muestra

Luego de conseguir las semillas fue necesario extraerlas de la cáscara para pulverizarlas y obtener cierta cantidad en gramos; después de pulverizarlas separarlas en secciones de 5, 15 y 30 gramos para realizar los tratamientos en las muestras de 250 ml de agua cruda.

En esta etapa recurrimos a las pruebas de ensayo mediante el método de jarras la cual nos sirve para determinar dosificaciones de coagulantes en los tratamientos.

3.2.8.1 Concentraciones de *M. oleífera*

La concentración de *M. oleífera* a utilizar para la propuesta del método de coagulación – floculación se estableció de acuerdo al resultado de método de jarra expresándolo en g/ml, a continuación se indicarán las concentraciones utilizadas:

- 5 g/250 ml
- 15 g/250 ml
- 30 g /250 ml

3.2.8.2 Método de jarra

Se empleó la prueba o método de jarra, donde se realizaron tratamientos a pequeña escala de los procesos de coagulación – floculación para determinar la dosis efectiva para el agua a tratar, ver anexo **Figura 12**. Es la prueba principal en las prácticas de laboratorio (Escudero y Cortez, 2017). En este paso se realizaron 5 réplicas con diferentes dosificaciones empezando con una concentración base de 5 g/250 ml para las muestras de cada planta de tratamiento.

A continuación se detallará la metodología del test de jarras utilizada:

1. Realizar 5 tratamientos a las muestras de agua cruda de las plantas TerraSol y VistaSol para cada dosis de preparado de *M. oleífera*.
2. Las dosis a utilizadas fueron de 5, 15 y 30 gramos de preparado de *M. oleífera*.
3. Realizar análisis a las aguas tratadas con preparado de *M. oleífera*.
4. Promediar correctamente los resultados de los análisis según las dosis utilizadas para obtener los resultados del test de jarras.

Así se pudo determinar cuál concentración generará resultados más eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Análisis de la efectividad de la *M. oleífera* como biocoagulante en las muestras de dos plantas de tratamiento mediante ensayos de laboratorio para la comparación con la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua.

3.2.9 Recolección de resultados

Se procedió a comparar cada parámetro de calidad entre el agua tratada convencionalmente en la planta, con el agua tratada a base de la *M. oleífera* para determinar cuál de los dos métodos resulta semejante a los parámetros establecidos según las normativas para los parámetros como oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, coliformes totales, DQO y DBO₅.

3.2.9.1 Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua.

Se tomó en cuenta la tabla 12 de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del libro VI del TULSMA para los parámetros establecidos ver anexo Tabla 7. Los cuales reflejan los siguientes límites máximos permisibles:

- **Sólidos disueltos totales: 1000 mg/l**
- **Turbidez: 50 NTU**
- **Oxígeno disuelto: 5 – 12 mg/l**
- **DBO₅: 100 mg/l**
- **DQO: 250 mg/l**
- **Coliformes totales: 1000 UFC**

Concientizar al personal de mantenimiento sobre los beneficios de la aplicación de un biocoagulante en las plantas de tratamiento.

3.2.10 Visitas técnicas a las plantas de tratamientos.

Se realizaron varias visitas a las plantas de tratamiento de las ciudadelas donde se procedió a realizar charlas informativas relacionadas con el proceso de tratamiento a base de *M. oleífera* a los presentes trabajadores de turno mediante ensayos in situ.

Se realizó una recolección de muestras de aguas para los tratamientos al momento de realizar las charlas y se llevó un registro de asistencia de todos los beneficiarios de las charlas ver anexo **Figura 18**.

3.2.10.1 Reconocimiento del personal encargado

Durante las visitas técnicas a las plantas de tratamiento se procedió a compartir información a los encargados que se encontraban presentes en los distintos horarios establecidos para las actividades que realizaron en las plantas de tratamiento como las tomas de muestra.

3.2.10.2 Charlas de concientización

Las charlas fueron precisamente para aclarar algunos puntos; entre estos los beneficios, las propiedades de la semilla de *M. oleífera* y los buenos resultados que se obtendrían en los tratamientos de aguas residuales si se aplicara como un biocoagulante que además no producirá efectos negativos en el medio ambiente.

Las charlas informativas fueron dirigidas para el personal de operaciones quienes son los encargados del manejo de las plantas de tratamiento y así incentivar la implementación de esta metodología mediante los siguientes puntos a mencionar:

- Preparación de la *M. oleífera*

- Beneficios de la *M. oleífera* como coagulante.
- Propiedades de la *M. oleífera* como coagulante.

3.2.10.3 Demostración del biocoagulante

Se procedió a realizar una demostración de tratamiento de agua cruda con *M. oleífera* preparada en presencia del personal encargado de las plantas para que evidencien los efectos que se generan en el agua gracias a sus propiedades como coagulante.

3.2.10.4 Entrega de semillas de *M. oleífera* al personal encargado

Para finalizar con las actividades de las visitas a las plantas de tratamiento se procedió hacer la entrega de *M. oleífera* al personal encargado después de haber recibido las charlas informativas.

Proponer un método de coagulación-floculación de tipo de orgánico para las dos plantas de tratamiento de agua, acuerdo a los análisis obtenidos durante la investigación.

3.2.11 Resultados de método de jarra

Se analizaron los resultados del método de jarra para determinar la dosificación necesaria a pequeña escala para cada volumen de agua requerido.

Concentración de dosis de *M. oleífera*

La dosis de *M. oleífera* para el tratamiento de agua se dimensionó de acuerdo al volumen que requieren las muestras de agua.

3.2.11.1 Propuesta de tratamiento

En esta sección se detalló paso a paso el proceso necesario para ejecutar un sistema de tratamiento con la adición de semilla pulverizada de *M. oleífera* en uno de los procesos establecidos por las plantas de tratamiento para provocar los efectos de biocoagulación.

Dentro de esta propuesta se establecerá la concentración de las dosis de *M. oleífera* necesarias para que el tratamiento tenga efectos positivos.

3.2.11.2 Objetivos de la propuesta

Los objetivos serán establecidos de acuerdo al desarrollo de la investigación.

- Implementar un coagulante de tipo orgánico y bajo costo.
- Reducir el mayor porcentaje de turbidez en los tratamientos.

3.2.12 Diseño experimental

En el diseño experimental de este trabajo de titulación se emplearon técnicas estadísticas que permitieron analizar los efectos de la experimentación donde interactúan variables que intervienen dentro de un proceso que permite evaluar sus resultados.

Se realizaron 5 réplicas para las 3 dosis de *M. oleífera* establecidas para las aguas residuales de las 2 plantas de tratamiento, lo que nos da un total de 30 réplicas.

Los datos obtenidos de los análisis de dichas réplicas facilitaron la toma de decisión por el tratamiento que presento resultados significativos para el parámetro de turbidez por ser indicador de contaminación en el agua, y así escoger la dosis ideal.

En este diseño de tratamiento de aguas residuales con *M. oleífera* se analizaron factores como las dosis empleadas y el tiempo, para determinar los efectos con relación al tiempo del tratamiento con moringa.

En la Tabla 23 y Tabla 24 se pueden apreciar los datos obtenidos en las réplicas de los tratamientos con dosis de *M. oleífera* para el parámetro de turbidez de las plantas VistaSol y TerraSol.

Para las primeras réplicas se utilizaron 5 gramos de *M. oleífera* pulverizada la cual generó efectos positivos en la muestra de agua removiendo la turbidez.

En las segundas réplicas se aplicaron 15 gramos de *M. oleífera* pulverizada y removió mayor turbidez que las réplicas de 5 gramos.

En las terceras réplicas se aplicaron 30 gramos de *M. oleífera* pulverizada la cual removió gran cantidad de turbidez, aun así se puede apreciar partículas de moringa suspendidas demostrando una ligera saturación.

3.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico que se utilizó fue el ANOVA ya que es un método de análisis de datos de variables respuestas cuantitativas que por lo general proceden de diseños experimentales que reflejan efectos por la aplicación de algún tratamiento (García, 2014).

Se analizó el resultado de la hipótesis de acuerdo al análisis estadístico de varianza con respecto a los parámetros de oxígeno disuelto y turbidez, para comprobar el efecto que genera la *M. oleífera* como biocoagulante en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

3.3.1 Análisis de varianza en diseño de parcelas divididas

Este análisis es un método empleado en diseños experimentales donde intervienen más dos niveles de tratamientos para encontrar las diferencias significativas entre estos y poder llegar a una decisión por el de mejor rendimiento (García, 2014). Consiste en calcular la media de los factores para comparar sus varianzas para determinar la significancia entre los factores y tomar una decisión.

3.3.2 Decisión

De acuerdo con García Zare (2014), la hipótesis nula se cumple cuando las medias entre los factores son iguales o semejantes entre ellas, y la hipótesis alternativa se cumple cuando al menos 2 medias difieren de manera significativa.

3.3.3 Análisis descriptivo

También se utilizó el análisis estadístico descriptivo el cual recolecta datos necesarios e información suficiente acerca del tema estudiado para luego realizar un resumen claro y conciso, así también conocer la medición de las variables estudiadas, la información resumida puede ser presentada mediante gráficos, tablas, figuras, etc. Según Fernández, Cordero, y Córdova (2002), la estadística descriptiva también desarrolla técnicas que estudian la dependencia que puede existir entre 2 o más características observadas en una serie de individuos.

4. Resultados

4.1 Determinación de los flujos máxicos de las plantas de tratamiento

VistaSol y TerraSol mediante ecobalance.

4.1.1 Cálculo del caudal

En las plantas de tratamiento TerraSol y VistaSol se procesa un volumen de 120 m³ de agua residual al día, los cuales corresponden 60 m³ a la planta de TerraSol y 60 m³ a la planta de VistaSol.

El operador a cargo detalló el dimensionamiento de las cisternas de salida de las plantas de tratamiento de la siguiente manera; ver anexo **Figura 5**:

- **Alto:** 3 metros
- **Largo:** 5 metros
- **Ancho:** 4 metros

Calculo del volumen: $3\text{ m} * 5\text{ m} * 4\text{ m} = 60\text{ m}^3$

Volumen de caudal: $60\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

Volumen total de caudal: $60\frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 2\text{ plantas de tratamiento} = 120\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

4.1.2 Ecobalance de Sólidos disueltos totales.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada para los sólidos disueltos totales, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60\frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 209\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) + \left(60\frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 178\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) = \left(120\frac{\text{m}^3}{\text{día}} * C\right)$$

$$C = 193,5\frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

La concentración de sólidos disueltos totales es de 193,5 mg/l, la cual se encuentra entre los rangos de descarga permisible según la normativa.

4.1.3 Ecobalance de Turbidez.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada para la turbidez, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60 \frac{m^3}{día} * 7,02 NTU\right) + \left(60 \frac{m^3}{día} * 7 NTU\right) = \left(120 \frac{m^3}{día} * C\right)$$

$$C = 7,01 NTU$$

Como se puede apreciar, la descarga de 7,01 NTU de turbidez se encuentra dentro del rango de límites permisibles de la normativa ecuatoriana.

4.1.4 Ecobalance de Oxígeno disuelto.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada para el oxígeno disuelto, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60 \frac{m^3}{día} * 8,23 \frac{mg}{l}\right) + \left(60 \frac{m^3}{día} * 7,66 \frac{mg}{l}\right) = \left(120 \frac{m^3}{día} * C\right)$$

$$C = 7,945 \frac{mg}{l}$$

El agua tratada con una concentración de oxígeno disuelto de 7,945 mg/l para descargar a un cuerpo de agua dulce no genera efectos negativos.

4.1.5 Ecobalance de Coliformes totales.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada para los coliformes totales, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60 \frac{m^3}{día} * 40 UFC\right) + \left(60 \frac{m^3}{día} * 60 UFC\right) = \left(120 \frac{m^3}{día} * C\right)$$

$$C = 50 UFC$$

Los coliformes totales se encuentran dentro del rango permisible con una concentración de 50 UFC.

4.1.6 Ecobalance de DQO.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada para el DQO, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60 \frac{m^3}{día} * 25 \frac{mg}{l}\right) + \left(60 \frac{m^3}{día} * 13 \frac{mg}{l}\right) = \left(120 \frac{m^3}{día} * C\right)$$

$$C = 19 \frac{mg}{l}$$

La DQO que se descarga en las plantas se encuentra estable y dentro del rango permisible con una concentración de 19 mg/l.

4.1.7 Ecobalance de DBO₅.

A continuación se expresará el ecobalance del agua tratada el DBO₅, esto nos revela la concentración de este parámetro que las plantas descargan como aguas residuales.

$$\left(60 \frac{m^3}{día} * 4 \frac{mg}{l}\right) + \left(60 \frac{m^3}{día} * 4,2 \frac{mg}{l}\right) = \left(120 \frac{m^3}{día} * C\right)$$

$$C = 4,1 \frac{mg}{l}$$

La DBO₅ que se descarga en las plantas se encuentran estables y dentro del rango permisible con una concentración de 4,1 mg/l.

A continuación en la Tabla 1 se observan los Eco balances generados en las plantas de tratamiento VistaSol y TerraSol para los parámetros de calidad de agua analizados en el transcurso del proyecto.

Tabla 1. Resultados del Ecobalance de las plantas de tratamiento.

Parámetros	Entrada VistaSol	Entrada TerraSol	Ecobalance
Sólidos totales	209,00 mg/l	178,00 mg/l	193,50 mg/l
Turbidez	7,02 NTU	7,00 NTU	7,01 NTU
Oxígeno disuelto	8,23 mg/l	7,66 mg/l	7,94 mg/l
Coliformes totales	40,00 UFC	60,00 UFC	50,00 UFC
DQO	25,00 mg/l	13,00 mg/l	19,00 mg/l
DBO₅	4,00 mg/l	4,20 mg/l	4,10 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Como se puede apreciar en los resultados de la tabla anterior, los parámetros se encuentran dentro del rango permitido de acuerdo a la normativa ecuatoriana lo que indica que el tratamiento empleado en las plantas cumplen con su propósito de recuperar aguas residuales.

4.2 Caracterización de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para empezar con la caracterización fue necesaria la recolección de muestras de agua cruda y muestras de agua tratadas con el sistema de las plantas de tratamiento.

La recolección de muestra se realizó en 8 envases de plástico de 1 litro, 6 para muestras de agua cruda y 2 para muestras de agua tratada; luego se trasladaron las muestras al laboratorio de suelo de la Universidad Agraria del Ecuador, donde se utilizaron los equipos y reactivos correspondientes para analizar los parámetros a caracterizar y así obtener resultados confiables.

4.2.1 Análisis de los sólidos disueltos totales

El primer paso a seguir es la preparación del medidor de sólidos disueltos totales enjuagándolo con agua destilada.

Este parámetro fue analizado con su respectivo equipo de medición en vasos de precipitación con 250 ml de la muestra para el agua tratada y agua cruda de cada planta de tratamiento; ver anexo **Figura 6**.

A continuación se puede apreciar los análisis de sólidos disueltos totales del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 9, también se pueden apreciar los análisis de sólidos disueltos totales del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 10.

- Sólidos disueltos totales de agua cruda planta VistaSol: **180 mg/l**.

- Sólidos disueltos totales de agua tratada planta VistaSol: **209 mg/l.**
- Sólidos disueltos totales de agua cruda planta TerraSol: **154 mg/l.**
- Sólidos disueltos totales de agua tratada planta TerraSol: **178 mg/l.**

4.2.2 Análisis de la turbidez

Se procedió a medir la muestra de agua introduciendo el recipiente en el equipo, ver anexo **Figura 7.**

A continuación se puede apreciar los análisis de turbidez del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 11; y también se pueden apreciar los análisis de turbidez del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 12.

- Turbidez de agua cruda planta VistaSol: **3068 NTU.**
- Turbidez de agua tratada planta VistaSol: **7,02 NTU.**
- Turbidez de agua cruda planta TerraSol: **3544 NTU.**
- Turbidez de agua tratada planta TerraSol: **7 NTU.**

4.2.3 Análisis del oxígeno disuelto

Se realizaron los análisis de las muestras de agua mediante un medidor de oxígeno, se colocaron 250 ml de agua para cada muestra en vasos de precipitación y se hizo la medición; ver anexo

Figura 8.

A continuación se puede apreciar los resultados de los análisis de oxígeno disuelto del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 13; y también se pueden apreciar los resultados de los análisis oxígeno disuelto del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 14.

- Oxígeno disuelto de agua cruda planta VistaSol: **4,58 mg/l.**
- Oxígeno disuelto de agua tratada planta VistaSol: **8,23 mg/l.**
- Oxígeno disuelto de agua cruda planta TerraSol: **2,69 mg/l.**
- Oxígeno disuelto de agua tratada planta TerraSol: **7,66 mg/l.**

4.2.4 Análisis de los coliformes totales

Los coliformes totales fueron analizados mediante la utilización de placas petrifilm; se colocaron la muestra en las placas y se dejó incubando por 48 horas

a una temperatura de 35 °C; luego de la incubación se procedió con el conteo de las placas para obtener los resultados; ver anexo **Figura 9**.

A continuación se puede apreciar los resultados de los análisis de coliformes totales del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 15; y también se pueden apreciar los resultados de los análisis de coliformes totales del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 16.

- Coliformes totales de agua cruda planta VistaSol: **140 UFC/ml**.
- Coliformes totales de agua tratada planta VistaSol: **80 UFC/ml**.
- Coliformes totales de agua cruda planta TerraSol: **141 UFC/ml**.
- Coliformes totales de agua tratada planta TerraSol: **60 UFC/ml**.

4.2.5 Análisis del DBO₅

A continuación se pueden apreciar los resultados de los análisis de DBO₅ del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 17 y también se pueden apreciar los resultados de los análisis de DBO₅ del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol, ver anexo Tabla 18.

- DBO₅ de agua cruda planta VistaSol: **138,1 mg/l**.
- DBO₅ de agua tratada planta VistaSol: **4 mg/l**.
- DBO₅ de agua cruda planta TerraSol: **131,8 mg/l**.
- DBO₅ de agua tratada planta TerraSol: **4,2 mg/l**.

A continuación se puede apreciar los certificados de los análisis de las plantas para los parámetros de DBO₅; ver anexo **Figura 10** y **Figura 11**.

Se realizaron las mediciones del DBO₅ mediante el laboratorio certificado INGEESTUDIO, quien nos proporcionó los resultados de los análisis.

4.2.6 Análisis del DQO

A continuación se puede apreciar los resultados de los análisis de DQO del agua cruda de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol; ver anexo Tabla 19, y también se puede apreciar los resultados de los análisis de DQO del agua tratada de las plantas de tratamiento de VistaSol y TerraSol; ver anexo Tabla 20.

- DQO de agua cruda planta VistaSol: **377 mg/l**.
- DQO de agua tratada planta VistaSol: **25 mg/l**.
- DQO de agua cruda planta TerraSol: **410 mg/l**.
- DQO de agua tratada planta TerraSol: **13 mg/l**.

A continuación se puede apreciar los certificados de los análisis de las plantas para los parámetros de DQO; ver anexos **Figura 10** y **Figura 11**.

Se realizaron las mediciones del DQO mediante el laboratorio certificado INGEESTUDIO.

A continuación en la Tabla 2 se encuentran los resultados de los análisis de los parámetros establecidos para determinar las condiciones del agua residual a tratar con la aplicación de *M. oleífera* como biocoagulante teniendo en cuenta el promedio de los análisis para cada parámetro.

Tabla 2. Resultado de los análisis de agua cruda de los parámetros físico – químicos y biológicos de las plantas de tratamiento.

Parámetro	VistaSol	TerraSol
Sólidos disueltos	197,00 mg/l	257,00 mg/l
Turbidez	4920,00 NTU	3151,00 NTU
Oxígeno disuelto	1,64 mg/l	1,51 mg/l
Coliformes totales	140,00 UFC	141,00 UFC
DBO ₅	138,10 mg/l	131,80 mg/l
DQO	377,00 mg/l	410,00 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

En la tabla anterior se puede apreciar que los parámetros se encuentran fuera del rango establecido por la normativa, lo que indica que dicha agua residual requiere un tratamiento antes de su disposición final.

4.3 Aplicación de *M. oleífera* como coagulante en las muestras de las plantas.

4.3.1 Preparación de la semilla de *M. oleífera*

Fue necesario conseguir al menos 1 libra de semilla de *M. oleífera* para la preparación y así obtener 100 gramos de polvo de semilla, la cual sirve para el proceso de coagulación – floculación.

Se procedió extraer la cáscara de las semillas para luego secarlas en un horno a una temperatura de secado para así erradicar cualquier humedad posible; ver anexo **Figura 13**, luego de esto se procedió a moler bien hasta convertirla en polvo; ver anexo **Figura 14**.

4.3.2 Preparación de la muestra

Se colocó las muestras de agua en recipientes de 250 ml, 15 muestras de la planta de VistaSol y 15 de TerraSol para los tratamientos, se aplicaron 3 dosis diferentes de *M. oleífera* para 3 grupos de muestras y se hicieron 5 réplicas de tratamiento para cada grupo con su dosis anotada en la etiqueta informativa de cada botella de 250 ml. Esto nos permitió identificar con facilidad los recipientes para las pruebas a realizar.

4.3.3 Método de jarras

Mediante el método de jarras se realizaron 15 tratamientos para las muestras de cada planta de tratamiento (30 tratamientos en total) en recipientes de 250 ml con diferentes dosis para una mejor precisión en su posterior análisis y así

comparar los resultados con los análisis de las aguas tratadas mediante la metodología tradicional de las plantas de tratamiento con la norma de calidad recurso agua. Para realizar este objetivo fue necesario seguir una secuencia de pasos como la preparación de la moringa, limpieza y uso de los instrumentos de laboratorio.

4.3.4 Tratamientos de *M. oleífera* y tabulación

Las concentraciones fueron establecidas en 3 dosificaciones; de 5, 10 y 15 g de *M. oleífera* para 250 ml de agua residual.

Se registró mediante tablas las concentraciones y los efectos que generaron en las muestras de agua cruda de las plantas de tratamiento.

Para los tratamientos colocamos 15 envases de 250 ml con agua cruda de la planta VistaSol y 15 envases de 250 ml con agua cruda de la planta TerraSol; las cuales se separaron en 3 secciones de 5 envases para cada dosis del polvo de *M. oleífera* para las muestras de cada planta de tratamiento

Primero se trataron 5 envases con dosis de 5 g las cuales presentaron sus efectos en las muestras en un tiempo de 40 minutos demostrando sedimentación de los sólidos presentes.

Luego utilizamos dosis de 15 g las cuales presentaron sus efectos en un tiempo de 20 minutos con un porcentaje de remoción de turbidez mayor al 96%

Para finalizar se trataron las muestras con dosis de 30 g las cuales presentaron un ligera saturación, lo que aumento el tiempo de sedimentación.

4.3.4.1 Efectos de la *M. oleífera* en los sólidos disueltos totales.

A continuación se pueden apreciar las dosis utilizadas en los tratamientos para las aguas residuales de VistaSol y los efectos que estas dosis generan en los sólidos disueltos totales, ver anexo Tabla 21, donde se obtuvo un porcentaje de

remoción negativo, lo que es indicador de que la presencia de *M. oleífera* en la muestra generó un aumento en la concentración de sólidos disueltos totales.

Concentración de 5g/ 250ml = 258,2 mg/l.

Concentración de 15g/ 250ml = 299,4 mg/l

Concentración de 30g/ 250ml = 327,2mg/l.

A continuación se pueden apreciar las dosis utilizadas en los tratamientos para las aguas residuales de TerraSol y los efectos que estas dosis generan en los sólidos disueltos totales, ver anexo Tabla 22, donde se obtuvo un porcentaje de remoción negativo con una significativa disminución de porcentaje lo que es indicador de que la presencia de *M. oleífera* en la muestra genera un aumento en la concentración de sólidos disueltos totales sin superar el límite máximo permisible de acuerdo la normativa nacional (Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua).

Concentración de 5g/ 250ml = 269,2 mg/l.

Concentración de 15g/ 250ml = 282,8 mg/l

Concentración de 30g/ 250ml = 303,6mg/l.

4.3.4.2 Efectos de la *M. oleífera* en la turbidez

Ver anexo Tabla 23 para revisar los resultados del proceso de coagulación – floculación de la *M. oleífera* dando como resultado la remoción de turbidez planta VistaSol.

Los resultados obtenidos de la aplicación de *M. oleífera* muestran la reducción de turbidez con un alto porcentaje de remoción lo que indica que el tratamiento con semillas de *M. oleífera* es eficaz cuando se trata de coagular – flocular y remover la materia presente en el agua.

Concentración de 5g/ 250ml = 191 NTU.

Concentración de 15g/ 250ml = 174,8 NTU

Concentración de 30g/ 250ml = 131 NTU

A continuación se observa la dosificación que se empleó en el tratamiento con *M. oleífera* para la remoción de turbidez en la planta TerraSol, ver anexo Tabla 24.

Los resultados que se muestran en la tabla anterior dan a comprobar que la aplicación de *M. oleífera* es un método efectivo para la remoción de materia presente en el agua o como biocoagulante con un alto porcentaje de remoción.

Concentración de 5g/ 250ml = 153,4 NTU.

Concentración de 15g/ 250ml = 119,2 NTU

Concentración de 30g/ 250ml = 90,4 NTU

4.3.4.3 Efectos de la *M. oleífera* en el oxígeno disuelto

Se puede apreciar que la remoción del material sedimentado debido al proceso generado por la aplicación de *M. oleífera* hizo que el tratamiento tenga efectos positivos en el análisis de oxígeno disuelto demostrando la capacidad de la *M. oleífera* para tratar aguas residuales domésticas, ver anexo Tabla 25.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el oxígeno disuelto tuvo un aumento considerable debido a la aplicación de la *M. oleífera* generando efectos positivos en el tratamiento de la muestra de la planta VistaSol.

Concentración de 5g/ 250ml = 2,45 mg/l.

Concentración de 15g/ 250ml = 2,75 mg/l.

Concentración de 30g/ 250ml = 3,16mg/l.

A continuación se puede apreciar los efectos generados por la aplicación de *M. oleífera* en el análisis de oxígeno disuelto en la planta TerraSol demostrando la

capacidad de la *M. oleífera* para tratar aguas residuales domésticas, ver anexo Tabla 26.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el oxígeno disuelto tuvo un aumento considerable debido a la aplicación de la *M. oleífera* generando efectos positivos en el tratamiento de la muestra de la planta TerraSol lo que demuestra la capacidad de la *M. oleífera* para tratar aguas residuales domésticas..

Concentración de 5g/ 250ml = 4,14 mg/l.

Concentración de 15g/ 250ml = 4,5 mg/l.

Concentración de 30g/ 250ml = 4,90 mg/l.

4.3.4.4 Efectos de la *M. oleífera* en los coliformes totales.

A continuación se puede apreciar los efectos generados por las dosis de *M. oleífera* aplicadas en los tratamientos de la planta VistaSol, ver anexo Tabla 27.

Como se puede apreciar en la tabla anterior la *M. oleífera* generó efectos positivos en la remoción de coliformes totales en la planta VistaSol, mostrando ser beneficiosa en el tratamiento de agua residual doméstica.

Concentración de 5g/ 250ml = 114,60 UFC

Concentración de 15g/ 250ml = 103,40 UFC

Concentración de 30g/ 250ml = 77,00 UFC

A continuación se puede apreciar los efectos generados por las dosis de *M. oleífera* aplicadas en los tratamientos de la planta TerraSol, ver anexo Tabla 28.

Como se puede apreciar en la tabla anterior el tratamiento con *M. oleífera* generó un buen porcentaje de remoción de coliformes totales en la planta TerraSol, manteniendo un rango dentro de lo establecido por la normativa de calidad ambiental y descargas de efluentes al recurso agua.

Las dosis de *M. oleífera* aplicadas en las muestras de agua provocan una ligera saturación hasta que comienza a sedimentarse gracias al efecto coagulante de la moringa como se puede apreciar en los anexos **Figura 15** y **Figura 16**.

Concentración de 5g/ 250ml = 113 UFC

Concentración de 15g/ 250ml = 87,80 UFC

Concentración de 30g/ 250ml = 58,00 UFC

A continuación en la Tabla 3 se puede apreciar el promedio de los resultados de los tratamientos con *M. oleífera* de acuerdo a sus respectivas dosificaciones para todos los parámetros establecidos en la planta VistaSol.

Tabla 3. Resultados del tratamiento con *M. oleífera* en la planta VistaSol.

Concentración g/250 ml	Sólidos disueltos	Turbidez	Oxígeno disuelto	Coliformes totales
5 g/250 ml	258,20 mg/l	191,00 NTU	2,45 mg/l	114,60 UFC
15 g/250 ml	299,40 mg/l	174,80 NTU	2,75 mg/l	103,40 UFC
30 g/250 ml	327,20 mg/l	131,00 NTU	3,16 mg/l	77,00 UFC

Chango y Ruiz, 2021.

En la tabla anterior se puede observar los efectos que generaron los tratamientos de *M. oleífera* en los parámetros de calidad demostrando gran efectividad para disminuir la turbidez debido a sus propiedades dando como resultado un alto porcentaje de remoción.

A continuación en la Tabla 4 se puede apreciar el promedio de los resultados de los tratamientos con *M. oleífera* de acuerdo a sus respectivas dosis para todos los parámetros establecidos en la planta TerraSol.

Tabla 4. Resultados del tratamiento con *M. oleífera* en la planta TerraSol.

Dosificación	Sólidos disueltos	Turbidez	Oxígeno disuelto	Coliformes totales
5 g	267,20 mg/l	153,40 NTU	4,14 mg/l	113,00 UFC

15 g	282,80 mg/l	119,20 NTU	4,50 mg/l	87,80 UFC
30 g	303,60 mg/l	90,40 NTU	4,90 mg/l	58,00 UFC

Chango y Ruiz, 2021.

En la tabla anterior se puede observar los efectos que generaron los tratamientos de *M. oleífera* en los parámetros de calidad demostrando gran efectividad para disminuir la turbidez debido al alto porcentaje de remoción.

4.4 Análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de la moringa *M. oleífera* en las dos plantas de tratamiento de aguas.

A continuación en la Tabla 5 se puede apreciar los promedios de los tratamientos con *M. oleífera* de acuerdo a las dosis aplicadas en comparación con los límites permisibles según la normativa ecuatoriana.

Tabla 5. Comparación de los tratamientos con la normativa ecuatoriana de descarga de efluentes recurso agua.

Planta de tratamiento	Tratamiento con <i>M. oleífera</i>	Sólidos disueltos totales	Turbidez	Oxígeno disuelto	Coliformes totales
VistaSol	5 g/250 ml	258,00 mg/l	191,00 NTU	2,45 mg/l	114,60 UFC
	15 g/250 ml	299,00 mg/l	174,80 NTU	2,75 mg/l	103,40 UFC
	30 g/250 ml	327,20 mg/l	131,00 NTU	3,16 mg/l	77,00 UFC
TerraSol	5 g/250 ml	267,20 mg/l	153,40 NTU	4,14 mg/l	113,00 UFC
	15 g/250 ml	282,80 mg/l	119,20 NTU	4,50 mg/l	87,80 UFC
	30 g/250 ml	303,60 mg/l	90,40 NTU	4,90 mg/l	58,00 UFC
Normativa	-	1600,00 mg/l	1000,00 NTU	5 – 12 mg/l	1000,00 UFC

Chango y Ruiz, 2021.

En la tabla anterior se puede apreciar que las dosificaciones de mayor concentración brindaron mejores resultados en los tratamientos permitiendo que los parámetros se mantengan dentro y cerca de los rangos límites establecidos por la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua.

Como se puede apreciar en el anexo

Figura 17, la aplicación de *M. oleífera* es un método viable debido al alto porcentaje de remoción para aguas residuales domésticas

Norma de calidad ambiental de descargas de efluentes al recurso agua

Con los resultados obtenidos de los análisis se realizó una comparación con la normativa ambiental vigente, se pudo evidenciar que la remoción de sólidos no fue tan efectiva como la de las plantas de tratamiento pero aun así no rebasaba los límites permisibles de la norma, por otro lado los parámetros como turbidez, , coliformes totales mejoraron respecto a calidad y no sobrepasaron los límites, en cambio el oxígeno disuelto mejoró su calidad pero aun así no logró alcanzar los límites permisibles.

4.5 Concientizar al personal de mantenimiento sobre los beneficios de la aplicación de un biocoagulante en las plantas de tratamiento.

En esta parte de la investigación fue aprovechada la variedad de encargados presentes en Amagua debido al horario que la empresa establece para sus trabajadores para cubrir el volumen de urbanizaciones en Samborondón.

A continuación se presentará el listado de beneficiarios de las charlas informativas en anexos, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

4.5.1 Visitas a las plantas de tratamiento

Durante la investigación se realizaron varias visitas a las plantas de tratamiento en las cuales se encontraban presentes de 3 a 4 encargados y en distintas ocasiones estos encargados rotaban a otras urbanizaciones; debido a estas rotaciones se procedió a realizar varias presentaciones de iniciación a los nuevos encargados.

4.5.2 Charla de concientización

En la charla de concientización se trataron temas de interés acerca de la preparación de la *M. oleífera*, aplicación, ventajas ambientales e incluso beneficios para la salud.

4.5.2.1 Preparación de la semilla de *M. oleífera*

Todo el personal encargado aprendió el procedimiento establecido para la preparación de las semillas de *M. oleífera* sin la necesidad de utilizar instrumentos; ver anexo Figura 19.

4.5.3 Aplicación de la *M. oleífera* preparada

Se procedió a explicar al personal encargado los pasos a seguir para la aplicación de la semilla de *M. oleífera* como coagulante, se explicó la preparación, sus ventajas y beneficios y acerca de los buenos resultados que generó en los tratamientos; ver anexo Figura 20.

4.5.4 Ventajas ambientales y beneficios para la salud

El personal encargado mostró interés acerca de las ventajas ambientales de la aplicación de la *M. oleífera* debido a que es un producto orgánico y no genera impactos sobre el ambiente; ver anexo Figura 21. También fue conveniente mencionar las propiedades medicinales y beneficiosas para la salud que ofrece la semilla de *M. oleífera*

4.5.5 Demostración de la aplicación de semilla pulverizada de *M. oleífera*

Se realizaron demostraciones de la aplicación de la semilla pulverizada de *M. oleífera* y así el personal evidenció los efectos generados por la aplicación de este biocoagulante, lo que logró provocar interés por el personal; ver anexo Figura 22.

4.5.6 Entrega de semillas al personal encargado

Para finalizar las visitas se procedió a entregar semillas de *M. oleífera* al personal encargado que se interesó debido a los múltiples beneficios que ofrece la semilla de *M. oleífera* aparte de usarse como biocoagulante.

4.5.7 Diagrama de flujo de las visitas a las plantas de tratamiento

A continuación en el siguiente diagrama se pueden apreciar los procesos de la fase de visitas técnicas y charlas con el personal encargado de operar las plantas de tratamiento.

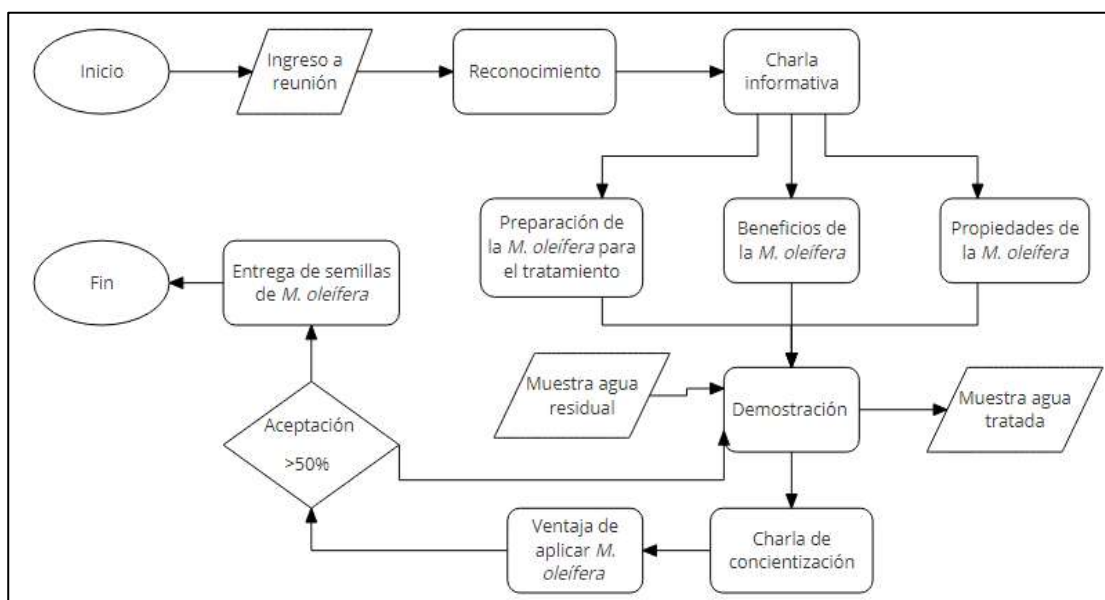


Figura 22. Diagrama de flujo de la concientización y charlas al personal de las plantas de tratamiento.
Chango y Ruiz, 2021.

Las reuniones realizadas con el personal a cargo de las plantas acerca de la aplicación de semilla pulverizada de *M. oleífera* como biocoagulante fue relevante para el intercambio de información y conocimiento con respecto al manejo, preparación, aplicación, propiedades y beneficios de la semilla de *M. oleífera*, y mediante la demostración práctica del tratamiento con el método de biocoagulación se realizaron charlas para concientizar e incentivar al personal de las plantas de tratamiento a la aplicación de semilla pulverizada de *M. oleífera*.

4.6 Propuesta de un método de coagulación-floculación de tipo orgánico para las dos plantas de tratamiento de acuerdo a los análisis obtenidos durante la investigación mediante la aplicación de un diagrama de flujo.

En esta sección se procederá a detallar la propuesta generada gracias a los resultados que se obtuvieron a lo largo del proyecto.

4.6.1 Propuesta de tratamiento

Se propone la adición de *M. oleífera* al sistema que utilizan las plantas de tratamiento como un refuerzo para mejorar los procesos de sedimentación y mejorar la calidad del agua que descargan las plantas de tratamiento.

4.6.2 *M. oleífera* y sus efectos en la turbidez

La propuesta para la aplicación de semilla pulverizada de *M. oleífera* en el sistema empleado por las plantas de tratamiento VistaSol y TerraSol es de gran utilidad debido al elevado porcentaje de remoción de turbidez que presentaron todos los resultados de los análisis de las aguas tratadas con *M. oleífera*.

4.6.3 Objetivos de la propuesta

- Implementar un coagulante de tipo orgánico y bajo costo.
- Analizar el porcentaje de remoción de turbidez en los tratamientos.
- Capacitar al personal operativo de las plantas de tratamiento.

4.6.4 Materiales y métodos

Para realizar los objetivos planteados será necesaria la utilización de los siguientes elementos:

4.6.4.1 Recursos

- Agua residual de las plantas.
- Semillas de *M. oleífera*.
- Sistema de tratamiento de las plantas.

4.6.4.2 Instrumentos y equipos

- Balanza digital.
- Mortero.
- Filtros.
- Botellas plásticas de litro.

4.6.5 Metodología

4.6.5.1 Implementación de un coagulante tipo orgánico y de bajo costo.

Se implementará una solución de preparado de *M. oleífera* para verificar que sirve como un biocoagulante que tiene como resultado la reducción de sulfato de aluminio, turbidez, sólidos suspendidos mejorando la calidad del agua, también de se debe tomar en cuenta que la *M. oleífera* tiene un valor monetario menor a otro tipos de coagulantes como el sulfato de aluminio, así mismo que es de origen vegetal y no genera impacto negativo al ambiente.

4.6.5.2 Análisis de porcentaje de remoción de turbidez en los tratamientos.

Mediante los resultados de los tratamientos con el preparado de *M. oleífera* será posible obtener el porcentaje de remoción el cual será analizado para determinar una dosis de mayor eficiencia para la planta.

4.6.5.3 Capacitación al personal operativo de las plantas de tratamiento.

En esta fase el personal administrativo de Amagua deberá organizar una reunión con los operadores de las plantas en el establecimiento de Amagua; donde se realizará una charla acerca de la preparación de la *M. oleífera* paso a paso, la dosificación necesaria para el volumen de agua a tratar

4.6.6 Diagrama de flujo de la propuesta de tratamiento

En el siguiente diagrama de flujo se dará a conocer los procesos que se deben seguir para el tratamiento de agua residual doméstica añadiendo la aplicación de semilla pulverizada de *M. oleífera*.

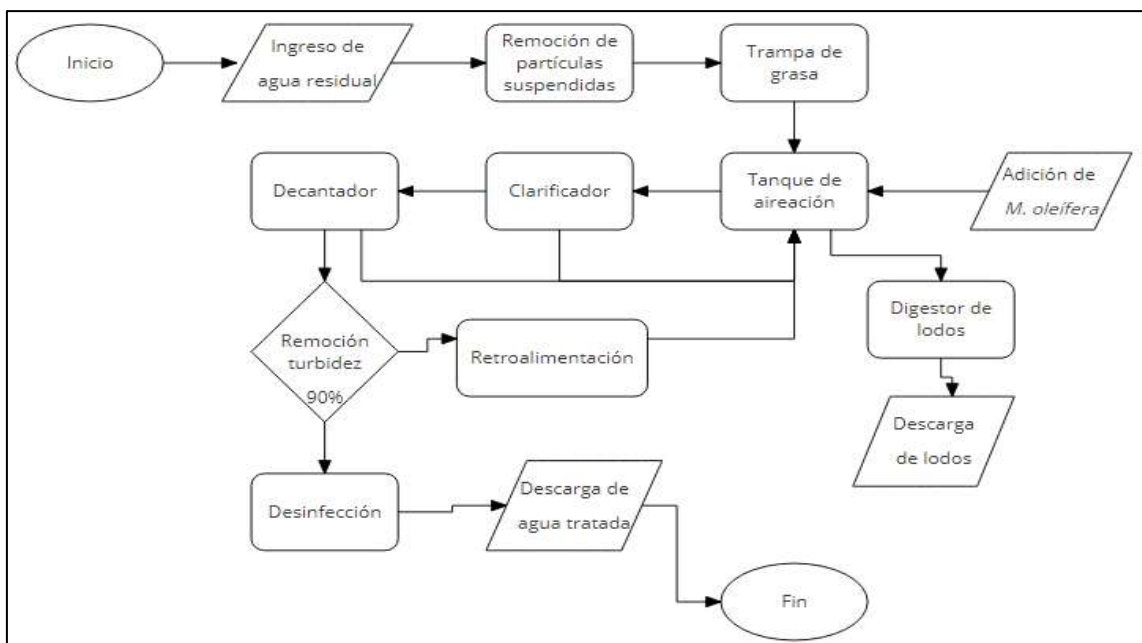


Figura 23. Diagrama de flujo del tratamiento de agua con *M. oleífera*. Chango y Ruiz, 2021.

El tratamiento empieza con el ingreso de agua al sistema pasando por un filtro para remover las partículas suspendidas de mayor tamaño, luego pasa por la

trampa de grasa quedando lista para llegar al tanque de aireación donde se aplicará la *M. oleífera* y los sedimentos serán enviados al digestor de lodos para procesarlos y luego descargarlos; el agua continuará hacia el clarificador y decantador donde la turbidez será removida hasta un mínimo del 90% ya que si no cumple el porcentaje de remoción el agua será retroalimentada al tanque de aireación; si el agua cumple con el porcentaje de remoción será enviada al tanque de desinfección donde se añade cloro para eliminar agentes patógenos y para finalizar se envía el agua tratada a la cisterna de descarga.

4.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico de varianza fue aplicado para los parámetros de turbidez ya que son los resultados de mayor eficiencia con el tratamiento de *M. oleífera*. Teniendo en cuenta que el parámetro de turbidez es el principal indicador de contaminación en el agua, es decir, se evaluaron los resultados de los tratamientos empleados con diferentes dosis.

A continuación se pueden apreciar los resultados del análisis estadístico aplicando el método ANOVA de parcelas divididas mediante la herramienta InfoStat la cual nos brindó los datos necesarios para evaluar y concluir con la hipótesis, ver anexo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Test: Tukey Alfa= 0,05 DMS=6,62325

Error: 30,816 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
30,00	109,70	10	1,76	A
15,00	147,00	10	1,76	B
5,00	172,20	10	1,76	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Aplicando el análisis de varianza con test de Tukey, se afirma la hipótesis

alternativa donde las varianzas de las medias de los factores difieren ente si demostrando que hay significancia entre los tratamientos de *M. oleífera* como se puede apreciar en el anexo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

5. Discusión

Apartir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis planteada que establece demostrar la efectividad de la *M. oleífera* como un biocogulante en aguas residuales, mediante el método de jarras donde se aplicó el tratamiento a base de moringa y se logró una gran remoción de carga orgánica.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Rondón Macías M., y otros (2017) en su artículo científico “Empleo de semillas de *M. oleífera* en el tratamiento de residuales líquidos” donde determinó que la moringa es una buena alternativa como sustitución de coagulantes sintética ya que logra reducir hasta el 90% de la DQO respecto al agua inicial.

Por otro lado se evidencio la capacidad de la moringa como removedor de turbidez donde se eliminó hasta un 97,03 % de turbidez en las muestras de aguas residuales tal como lo señalan Oliver Verbel, Florez Vergara, Vega Fellizola, & Villegas de Agua (2017) en su estudio de tesis: Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *M. oleífera* en clarificación de aguas; donde

se comprobó que la *M. oleífera* puede lograr una remoción hasta del 90% de turbidez en comparación con otros coagulantes.

De acuerdo con la caracterización de la calidad del agua de las plantas de tratamiento se comprobó que los parámetros si cumplen los límites permisibles según la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua normativa vigente tal como Vargas (2021) desarrolló en su investigación en la planta de tratamiento de agua residual de Pueblo Nuevo, Bogota donde concluyó que la carga residual en el agua no sobrepasan los límites de la norma vigente.

6. Conclusiones

Con el desarrollo del ecobalance en las dos plantas de tratamiento se determinó que los flujos másicos mostraron alta carga residual para sólidos disueltos totales (SDT), turbidez, oxígeno disuelto (OD), DBO₅, DQO y coliformes totales (CT).

Por otra parte, luego de aplicar la preparación de semilla de moringa (*M. oleífera*) en las muestras de aguas domésticas se identificó que la tercera dosis mostró mayor efectividad en la reducción de las concentraciones de turbidez, oxígeno disuelto y coliformes totales en ambas plantas de tratamiento. Es así que la planta de tratamiento Terrasol obtuvo un mayor porcentaje de efectividad en la remoción de los contaminantes a diferencia de la planta VistaSol. No obstante, ninguna de las tres dosis usadas fue efectiva en la eliminación de los sólidos disueltos totales, ya que estas favorecieron el aumento de la concentración de dicho parámetro en todos los tratamientos usados.

Las charlas impartidas al personal de operaciones de las plantas de tratamientos, permitieron explicar sobre los beneficios de la semilla de *M. oleífera* en los procesos de coagulación-floculación, además de las ventajas ambientales.

Finalmente, con la identificación de la mejor dosis de la semilla de moringa (*M. oleífera*) en la remoción de contaminantes de las aguas domésticas fue posible diseñar un método de coagulación-floculación de tipo orgánico basado en el tratamiento más efectivo para la biocoagulación del agua residual.

7. Recomendaciones

Se deberá realizar un análisis del flujo másico por cada tipo de tratamiento (pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario) puesto que resulta factible para conocer con mayor exactitud las entradas y salidas del caudal, además de servir como una base de información de referencia para otros estudios.

En la caracterización de los parámetros físicos-químicos y biológicos se deberá incluir el estudio del potencial hidrógeno y conductividad eléctrica ya que estos son indicadores de del comportamiento de las reacciones químicas y microbianas ante el uso de tratamientos biocoagulante en el agua residual.

Así mismo, para tratar la carga contaminante de los sólidos disueltos totales en el agua residual se sugiere combinar el tratamiento de la moringa con tratamientos terciarios, puesto que la semilla de moringa en peso seco favorece el incremento de la concentración de los sólidos.

Con la capacitación del personal operativo se podrá mejorar el rendimiento de las actividades de los trabajadores y contribuir en la eficiencia del manejo de caudales de las plantas de tratamiento residual.

A partir de la propuesta del método de coagulación-floculación de tipo orgánico, se deberá complementarlos con programas de monitoreo con la finalidad de asegurar un modelo exitoso enfocada en tratar el agua residual doméstica y reducir en lo posible los impactos ambientales que generalmente se derivan de procesos convencionales.

8. Bibliografía

- Hernández , E., Y Perilla, A. (2019). Análisis del efecto coagulante de la semilla de moringa oleífera para el tratamiento de aguas residuales en el hotel Ítaca. *Boletín Semillas Ambientales*, 13(2), 59-69. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/15873/15474>
- Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., Y Núñez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315-322. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000200315&script=sci_arttext&tIng=n
- Aguilera Torres, F. F., Y Ramón Veintimilla, P. S. (2019). Diagnóstico Bacteriológico Ambiental de Aguas Negras del Sitio “El Guayabo” vertidas al Río Santa Rosa, y Diseño de Tanque Séptico. *Universidad técnica de Machala (Tesis pregrado)*. Machala.
- Ahmed , B., Villarroya , F., Rebollo, L., Olaiz, A., Jordá, R., Y Lopèz, J. (2015). Localización de aguas subterráneas en la dorsal de Tiris (Sahara Occidental). *Geogaceta*(58), 131-134. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5352508>
- Arenas, M. (2018). Aleteia. *En América Latina hay escasez de agua ¿Cómo es posible?*. América latina. Obtenido de <https://es.aleteia.org/2018/06/30/en-america-latina-hay-escasez-de-agua-como-es-posible/>
- Baba, A., Villarroya, F., Rebollo, L., Olaiz, A., Jordá, R., Y López, J. (2018). *Revista Tecnología en Marcha*, 2(58), 35 - 46. Obtenido de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/12056/Localizacion.pdf?sequence=2>

- Barrantes, E., Y Cartín, M. (2017). Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9(1), 193-197. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Cuadernos+de+Investigaci%C3%B3n+UNED&rlz=1C1GGRV_enEC836EC836&oq=Cuadernos+de+Investigaci%C3%B3n+UNED&aqs=chrome..69i57j0i22i30.846j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Bolaños, J., Cordero, G., Y Gloriana, S. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. Obtenido de [file:///C:/Users/xxxxx/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeNitritosNitratosSulfatosYFosfatosEn-7436266%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/xxxxx/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeNitritosNitratosSulfatosYFosfatosEn-7436266%20(1).pdf)
- Carrizales, R., Y Enríquez, N. (2019). Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica. (*Tesis de pregrado*). Escuela profesional de ingeniería ambiental y sanitaria, Huancavelica, Perú.
- Chávez, J., Leiva, D., Y Corroto, F. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas. *Universidad Científica del Perú*, 316401, 16-27. Obtenido de [file:///C:/Users/xxxxx/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFisicoquimicaYMicrobiologicaDeLasAg-5608573%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/xxxxx/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFisicoquimicaYMicrobiologicaDeLasAg-5608573%20(3).pdf)
- Cruz, Y., Y López, M. (2015). Evaluación de alcalizantes en el proceso de ajuste del pH para el agua tratada del río Cauca. (*Tesis de pregrado*). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Delgado, M. (2017). Propuesta de tratamiento de manejo de aguas residuales generadas en una unidad de diálisis. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Escudero, C., Y Cortez, L. (2017). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
- Fernández, Cordero, Y Córdova. (2002). *Estadística descriptiva*. Madrid: Esic.
- Ferrer, J., Seco, A., Y Robles, A. (2018). *Tratamientos biológicos de aguas residuales*. Obtenido de https://www.lalibreria.upv.es/portalEd/UpvGESTore/products/p_6410-1-1
- Figueroa, A., Y Casanova, J. (2015). Determinación del caudal ambiental y su relación con variables indicadores de calidad del recurso hídrico. *Luna Azul*, 40, 5-24. Obtenido de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1774/1690>
- Gadvay, K. (2015). Implementación piloto de la norma ISO/IEC 17025:2005 con base en un sistema de gestión de calidad para el laboratorio de aguas de la empresa municipal regional de agua potable de Arenillas y Huaquillas: EMRAPAH. (*Tesis de pregrado*). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Galeano, L., Y Rojas, V. (2016). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Veléz-Santander. (*Tesis de pregrado*). Universidad católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Gamboa, E. (2015). Evaluación de calidad de aguas residuales producidas por la lavadora y tinturadora de jeans "Tintes River" y su reutilización para el riego de cultivos en la parroquia la matriz del cantón Pelileo de la provincia del tungurahua. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- García, E. (2014). Efecto de los niveles de bencilaminopurina en el establecimiento in vitro. (*Tesis de pregrado*). Trujillo, Perú.
- Gómez, G. (2018). Diseño de un filtro para reducir la turbidez del agua residuales utilizando material litológico como medio filtrante. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Jiménez. (2015). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/272232171/Eco-Balance>
- Leal, V. (2018). Importancia del oxígeno disuelto para mejorarla calidad de agua en estanques de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. (*Tesis pregrado*) *Universidad técnica de Machala*. Machala, Ecuador.
- Lovato, G. (2018). Diseño de jardín depurador piloto para tratamiento de aguas residuales en la hostería Garceta-Sol. (*Tesis de pregrado*). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mae. (2017). *Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- Mario, C., Juniel, A., Julio, F., Y Daissy, D. (2014). *Indicadores de la calidad del agua*.
- Martínez, O. (2015). *Eco balance 2015*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/272232171/Eco-Balance>
- Mejía, A., Castillo, O., Y Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. Obtenido de https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/918/Agua_potable_y_saneamiento_en_la_nueva_ruralidad_de_Am%c3%a9rica_Latina.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Menéndez Escarcena, A. (2018). Reducción de la demanda química de oxígeno en lactosuero mediante el proceso fenton. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del altiplano, Puno, Perú.
- Menéndez, C., Y Moreno, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97-107. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382018000300097&Ing=es&nrm=iso
- Meza Leones, M., Riaños Donado, K., Mercado Martínez, I., Olivero Verbel, R., Y Jurado Eraso, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 95-104. Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/8084/8178>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017). Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente. Obtenido

- de <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- Moposita, A. (2015). Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de las parroquias de pasa del cantón Ambato en el período dcimebre 2014-mayo 2015. (*Tesis de pregrado*). Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Morillas, P. (2019). Guías de técnicas de trabajo para laboratorios de control de calidad de aguas. *XXXV Jornadas Técnicas de AEAS*, 35(1), 172-179. Obtenido de https://www.asoaeas.com/sites/default/files/Documentos/Parte%20III%20Gu%C3%ADa%20AEAS%20Toma%20de%20Muestras_revisi%C3%B3n%201%20Abril%202019.pdf
- Morillo Santana, I. A. *Evaluación de la recarga artificial de acuíferos como tratamiento terciario en depuración de aguas residuales y comparación frente a otros tratamientos terciarios [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]*. Repositorio institucional. Obtenido de Universidad Politécnica de Catalunya.
- Nivelo, S. (2015). Monitoreo de la calidad del agua en San Cristóbal, Galápagos. (*Licenciatura en Administración*). Universidad san Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Olivero, R., Florez, A., Vega, L., Y Villegas, G. (2017). Opuntia ficus y Moringa oleífera en clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 12(2), 71-79. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-0452017000200071&script=sci_abstract&tIng=es
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). La contaminación del agua sigue creciendo a nivel mundial. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/>
- Pellón, A., López, M., Espinosa, M., Y González, O. (2016). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 36(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382015000200001&script=sci_arttext&tIng=en
- Quiroz , L., Izquierdo, E., Y Menéndez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(1), 73-83. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000100008
- Rodríguez. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua; 2018. *lagua*, 168.
- Rodriguez , J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grenciacantón de Alajuela, 2008. *Revista Pensamiento Actual*, 12(9). Obtenido de <file:///C:/Users/xxxxx/Downloads/Dialnet-ParametrosFisicoquimicosDeDurezaTotalEnCalcioYMagn-5897932.pdf>

- Rojas, S., Y Sastoque, Y. (2007). Desarrollo de un prototipo de un instrumento neflemétrico para medir turbidez. (*Tesis de pregrado*). Universidad de San Buenaventura, Bogotá, Ecuador.
- Rondón , M., Díaz , Y., Rodríguez, S., Guerra , B., Fernández , E., Y Tavio, D. (2017). Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(2), 87-101. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000200007
- Rondón, M., Díaz , Y., Rodríguez, S., Guerra , B., Fernández, E., Y Tabio , D. (2017). Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. 38(2), 87-101. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/40939.pdf>
- Sánchez, A. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0188-21982015000100009
- Teajada , C., Villabona, Á., Y Gárces, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 18(34), 109-123. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010
- Tonello , G., Y Valladares, N. (2015). Conciencia ambiental y conducta sustentable relacionada con el uso de energía para iluminación. *Gestión y Ambiente*, 18(5), 45-59. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/44906/51440>
- Tumbaco, Y Acebo. (2017). *Universidad de Guayaquil*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/27909/1/MORINGA.pdf>
- Ulloa, F. (2015). Análisis de los métodos para medir la turbidez de los inóculos y su influencia en el antiograma de la bacteria e coli en urocultivos. (*Tesis de pregrado*). Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales el recurso desaprovechado*. Obtenido de Unesco.org: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-15-water-pollution/>
- Vargas, H. (2016). Evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua residual (ptar), de la inspección de pueblo nuevo del municipio de Nilo Cundinamarca. (*Tesis pregrado*) *Universidad católica de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(2), 304-308. Obtenido de Scielo: <https://www.scielosp.org/article/rpmpesp/2018.v35n2/304-308/es/>

9. Anexos

Tabla 6. Consumo mundial del agua.

Consumo por:	%
Agricultura	70%
Industria	20%
Uso doméstico	10%

Gómez , 2018.

Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Acuerdo	Parámetro	Expresión	Unidad	Criterio
TULSMA	Sólidos disueltos totales	ST	mg/l	1000
TULSMA	Oxígeno disuelto	OD	mg/l	5 - 12
TULSMA	Turbidez	NTU	NTU	50
TULSMA	Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/l	100
TULSMA	Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	250
TULSMA	Coliformes totales	CT	UFC	<1000

MAE, 2017.

Tabla 8. Recursos.

Recursos
Materiales
Guantes
Mascarilla
Botella de plástico

Equipos	Medidor de pH Medidor de oxígeno disuelto
Instrumentos	Balanza GPS Termómetro Papel filtro Turbidímetro Petrefilm

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 9. Análisis de sólidos disueltos totales de agua cruda.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
1	178 mg/l	160 mg/l
2	184 mg/l	154 mg/l
3	180 mg/l	149 mg/l
4	186 mg/l	148 mg/l
5	172 mg/l	159 mg/l
Promedio	180 mg/l	154 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 10. Análisis de sólidos disueltos totales de agua tratada.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
1	208 mg/l	182 mg/l
2	210 mg/l	179 mg/l
3	212 mg/l	190 mg/l
4	209 mg/l	165 mg/l
5	206 mg/l	174 mg/l
Promedio	209 mg/l	178 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 11. Análisis de agua cruda para turbidez.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
1	3069 NTU	3480 NTU
2	3080 NTU	3648 NTU
3	3068 NTU	3498 NTU
4	3052 NTU	3572 NTU

5	3071 NTU	3522 NTU
Promedio	3068 NTU	3544 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 12. Análisis de agua tratada para turbidez.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
1	7,03 NTU	7,02 NTU
2	7,05 NTU	7 NTU
3	7,03 NTU	6,98 NTU
4	6,98 NTU	6,99 NTU
5	7,01 NTU	7,01 NTU
Promedio	7,02 NTU	7 NTU

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 13. Análisis de agua cruda para oxígeno disuelto.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
1	4,68 mg/l	2,65 mg/l
2	3,97 mg/l	3,13 mg/l
3	5,04 mg/l	2,46 mg/l
4	4,14 mg/l	2,67 mg/l
5	5,07 mg/l	2,54 mg/l
Promedio	4,58 mg/l	2,69 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 14. Análisis de agua tratada para oxígeno disuelto.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
1	7,83 mg/l	8,04 mg/l
2	8,62 mg/l	7,67 mg/l
3	8,87 mg/l	6,96 mg/l
4	7,88 mg/l	8,03 mg/l

5	7,95 mg/l	7,60 mg/l
Promedio	8,23 mg/l	7,66 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 15. Análisis de agua cruda para coliformes totales.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
1	137 mg/l	138 mg/l
2	139 mg/l	140 mg/l
3	141 mg/l	139 mg/l
4	142 mg/l	142 mg/l
5	141 mg/l	146 mg/l
Promedio	140 mg/l	141 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 16. Análisis de agua tratada para coliformes totales.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
1	80 mg/l	59 mg/l
2	81 mg/l	61 mg/l
3	79 mg/l	58 mg/l
4	82 mg/l	62 mg/l
5	78 mg/l	60 mg/l
Promedio	80 mg/l	60 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 17. Análisis de agua cruda para DBO5.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
Promedio	138,1 mg/l	131,8mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 18. Análisis de agua tratada para DBO5.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
Promedio	25 mg/l	13 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 19. Análisis de agua para DQO.

Agua cruda	VistaSol	TerraSol
Promedio	377 mg/l	410 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 20. Análisis de agua tratada para DQO.

Agua tratada	VistaSol	TerraSol
Promedio	4 mg/l	4,2 mg/l

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 21. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en los sólidos disueltos para la planta de tratamiento VistaSol.

Tratamiento	Concentración g	Sólidos disueltos totales inicial	Sólidos disueltos totales final	Remoción %
1	5 g/250ml	197 mg/l	261 mg/l	-32,48 %
2	5 g/250ml	197 mg/l	250 mg/l	-26,90 %
3	5 g/250ml	197 mg/l	261 mg/l	-32,48 %
4	5 g/250ml	197 mg/l	268 mg/l	-36,04 %
5	5 g/250ml	197 mg/l	251 mg/l	-27,41 %
6	15 g/250ml	197 mg/l	287 mg/l	-45,68 %
7	15 g/250ml	197 mg/l	290 mg/l	-47,20 %
8	15 g/250ml	197 mg/l	288 mg/l	-46,19 %
9	15 g/250ml	197 mg/l	287 mg/l	-45,68 %
10	15 g/250ml	197 mg/l	345 mg/l	-75,12 %
11	30 g/250ml	197 mg/l	345 mg/l	-75,12 %
12	30 g/250ml	197 mg/l	360 mg/l	-82,74 %
13	30 g/250ml	197 mg/l	310 mg/l	-57,36 %
14	30 g/250ml	197 mg/l	300 mg/l	-52,28 %
15	30 g/250ml	197 mg/l	321 mg/l	-62,94 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 22. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en los sólidos disueltos para la planta de tratamiento TerraSol.

Tratamiento	Concentración g	Sólidos disueltos totales inicial	Sólidos disueltos totales final	Remoción %
1	5 g/250ml	257 mg/l	262 mg/l	-1,95 %
2	5 g/250ml	257 mg/l	266 mg/l	-3,50 %
3	5 g/250ml	257 mg/l	270 mg/l	-5,06 %
4	5 g/250ml	257 mg/l	270mg/l	-5,06 %
5	5 g/250ml	257 mg/l	268 mg/l	-4,28 %

6	15 g/250ml	257 mg/l	280 mg/l	-8,95 %
7	15 g/250ml	257 mg/l	290 mg/l	-12,84 %
8	15 g/250ml	257 mg/l	288 mg/l	-12,06 %
9	15 g/250ml	257 mg/l	277 mg/l	-7,78 %
10	15 g/250ml	257 mg/l	279 mg/l	-8,56 %
11	30 g/250ml	257 mg/l	308 mg/l	-19,84 %
12	30 g/250ml	257 mg/l	303 mg/l	-17,90 %
13	30 g/250ml	257 mg/l	306 mg/l	-19,07 %
14	30 g/250ml	257 mg/l	301 mg/l	-17,12 %
15	30 g/250ml	257 mg/l	300 mg/l	-16,73 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 23. Tratamiento con Moringa oleífera y sus efectos en la turbidez para la planta de tratamiento VistaSol.

Tratamiento	Concentración g	Turbidez inicial	Turbidez final	Remoción %
1	5 g/250ml	4920 NTU	190 NTU	96,14 %
2	5 g/250ml	4920 NTU	195 NTU	96,04 %
3	5 g/250ml	4920 NTU	199 NTU	95,96 %
4	5 g/250ml	4920 NTU	183 NTU	96,28 %
5	5 g/250ml	4920 NTU	188 NTU	96,18 %
6	15g/250ml	4920 NTU	180 NTU	96,34 %
7	15g/250ml	4920 NTU	170 NTU	96,54 %
8	15g/250ml	4920 NTU	169 NTU	96,57 %
9	15g/250ml	4920 NTU	179 NTU	96,36 %
10	15g/250ml	4920 NTU	176 NTU	96,42 %
11	30g/250ml	4920 NTU	118 NTU	97,60 %
12	30g/250ml	4920 NTU	122 NTU	97,52 %
13	30g/250ml	4920 NTU	130 NTU	97,36 %
14	30g/250ml	4920 NTU	139 NTU	97,17 %
15	30g/250ml	4920 NTU	146 NTU	97,03 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 24. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en la turbidez para la planta de tratamiento TerraSol.

Tratamiento	Concentración g	Turbidez inicial	Turbidez final	Remoción %
1	5 g/250ml	3151 NTU	163 NTU	94,83 %
2	5 g/250ml	3151 NTU	156 NTU	95,05 %
3	5 g/250ml	3151 NTU	150 NTU	95,24 %
4	5 g/250ml	3151 NTU	156 NTU	95,05 %
5	5 g/250ml	3151 NTU	142 NTU	95,49 %
6	15g/250ml	3151 NTU	126 NTU	96,00 %
7	15g/250ml	3151 NTU	119 NTU	96,22 %
8	15g/250ml	3151 NTU	112 NTU	96,45 %
9	15g/250ml	3151 NTU	119 NTU	96,22 %

10	15g/250ml	3151 NTU	120 NTU	96,19 %
11	30g/250ml	3151 NTU	90 NTU	97,14 %
12	30g/250ml	3151 NTU	90 NTU	97,14 %
13	30g/250ml	3151 NTU	88 NTU	97,21 %
14	30g/250ml	3151 NTU	92 NTU	97,08 %
15	30g/250ml	3151 NTU	92 NTU	97,08 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 25. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en el oxígeno disuelto para la planta de tratamiento VistaSol.

Tratamiento	Concentración mg	Oxígeno disuelto inicial	Oxígeno disuelto final	Remoción %
1	5 g/250ml	1,64 mg/l	2,42 mg/l	-47,56 %
2	5 g/250ml	1,64 mg/l	2,46 mg/l	-50,00 %
3	5 g/250ml	1,64 mg/l	2,39 mg/l	-45,73 %
4	5 g/250ml	1,64 mg/l	2,51 mg/l	-53,05 %
5	5 g/250ml	1,64 mg/l	2,47 mg/l	-50,61 %
6	15g/250ml	1,64 mg/l	2,74 mg/l	-67,07 %
7	15g/250ml	1,64 mg/l	2,79 mg/l	-70,12 %
8	15g/250ml	1,64 mg/l	2,68 mg/l	-63,41 %
9	15g/250ml	1,64 mg/l	2,79 mg/l	-70,12 %
10	15g/250ml	1,64 mg/l	2,79 mg/l	-70,12 %
11	30g/250ml	1,64 mg/l	3,21 mg/l	-95,73 %
12	30g/250ml	1,64 mg/l	3,17 mg/l	-93,29 %
13	30g/250ml	1,64 mg/l	3,15 mg/l	-92,07 %
14	30g/250ml	1,64 mg/l	3,20 mg/l	-95,12 %
15	30g/250ml	1,64 mg/l	3,10 mg/l	-89,02 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 26. Tratamiento con M. oleífera y sus efectos en el oxígeno disuelto para la planta de tratamiento TerraSol.

Tratamiento	Concentración mg	Oxígeno disuelto inicial	Oxígeno disuelto final	Remoción %
1	5 g/250ml	1,51 mg/l	4,17 mg/l	-176,16 %
2	5 g/250ml	1,51 mg/l	4,13 mg/l	-173,51 %
3	5 g/250ml	1,51 mg/l	4,10 mg/l	-171,52 %
4	5 g/250ml	1,51 mg/l	4,17 mg/l	-176,16 %
5	5 g/250ml	1,51 mg/l	4,15 mg/l	-174,83 %
6	15g/250ml	1,51 mg/l	4,49 mg/l	-197,35 %
7	15g/250ml	1,51 mg/l	4,50 mg/l	-198,01 %
8	15g/250ml	1,51 mg/l	4,49 mg/l	-197,35 %
9	15g/250ml	1,51 mg/l	4,44 mg/l	-194,04 %
10	15g/250ml	1,51 mg/l	4,58 mg/l	-203,31 %

11	30g/250ml	1,51 mg/l	4,90 mg/l	-224,50 %
12	30g/250ml	1,51 mg/l	4,89 mg/l	-223,84 %
13	30g/250ml	1,51 mg/l	4,90 mg/l	-224,50 %
14	30g/250ml	1,51 mg/l	4,97 mg/l	-229,14 %
15	30g/250ml	1,51 mg/l	4,88 mg/l	-223,18 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 27. Tratamiento con *M. oleífera* y sus efectos en los coliformes totales para la planta de tratamiento VistaSol.

Tratamiento	Concentración mg	Coliformes totales inicial	Coliformes totales final	Remoción %
1	5 g/250ml	140 mg/l	114 UFC	18,57 %
2	5 g/250ml	140 mg/l	120 UFC	14,29 %
3	5 g/250ml	140 mg/l	118 UFC	15,71 %
4	5 g/250ml	140 mg/l	109 UFC	22,14 %
5	5 g/250ml	140 mg/l	112 UFC	20,00 %
6	15g/250ml	140 mg/l	104 UFC	25,71 %
7	15g/250ml	140 mg/l	100 UFC	28,57 %
8	15g/250ml	140 mg/l	105 UFC	25,00 %
9	15g/250ml	140 mg/l	110 UFC	21,43 %
10	15g/250ml	140 mg/l	98 UFC	30,00 %
11	30g/250ml	140 mg/l	73 UFC	47,86 %
12	30g/250ml	140 mg/l	88 UFC	37,14 %
13	30g/250ml	140 mg/l	67 UFC	52,14 %
14	30g/250ml	140 mg/l	77 UFC	45,00 %
15	30g/250ml	140 mg/l	80 UFC	42,86 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 28. Tratamiento con *M. oleífera* y sus efectos en los coliformes totales para la planta de tratamiento TerraSol.

Tratamiento	Concentración mg	Coliformes totales inicial	Coliformes totales final	Remoción %
1	5 g/250ml	141 mg/l	106 UFC	24,82 %
2	5 g/250ml	141 mg/l	108 UFC	23,40 %
3	5 g/250ml	141 mg/l	123 UFC	12,77 %
4	5 g/250ml	141 mg/l	116 UFC	17,73 %
5	5 g/250ml	141 mg/l	112 UFC	20,57 %
6	15g/250ml	141 mg/l	98 UFC	30,50 %
7	15g/250ml	141 mg/l	80 UFC	43,26 %
8	15g/250ml	141 mg/l	79 UFC	43,97 %
9	15g/250ml	141 mg/l	88 UFC	37,59 %
10	15g/250ml	141 mg/l	94 UFC	33,33 %

11	30g/250ml	141 mg/l	60 UFC	57,45 %
12	30g/250ml	141 mg/l	49 UFC	65,25 %
13	30g/250ml	141 mg/l	63UFC	55,32 %
14	30g/250ml	141 mg/l	58 UFC	58,87 %
15	30g/250ml	141 mg/l	60 UFC	57,45 %

Chango y Ruiz, 2021.

Tabla 29. Resultado del análisis estadístico aplicando el método de análisis de varianza.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Turbidez Final	30	0,99	0,97	3,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35327,17	17	2078,07	67,43	<0,0001
Bloque*Tratamientos	511,67	2	255,83	8,30	0,0055
Repeticiones*Tratamientos	508,73	8	63,59	2,06	0,1245
Bloque	14476,03	1	14476,03	469,75	<0,0001
Tratamientos	19775,27	2	9887,63	320,85	<0,0001
Repeticiones	55,47	4	13,87	0,45	0,7707
Error	369,80	12	30,82		
Total	35696,97	29			

Chango y Ruiz, 2021.

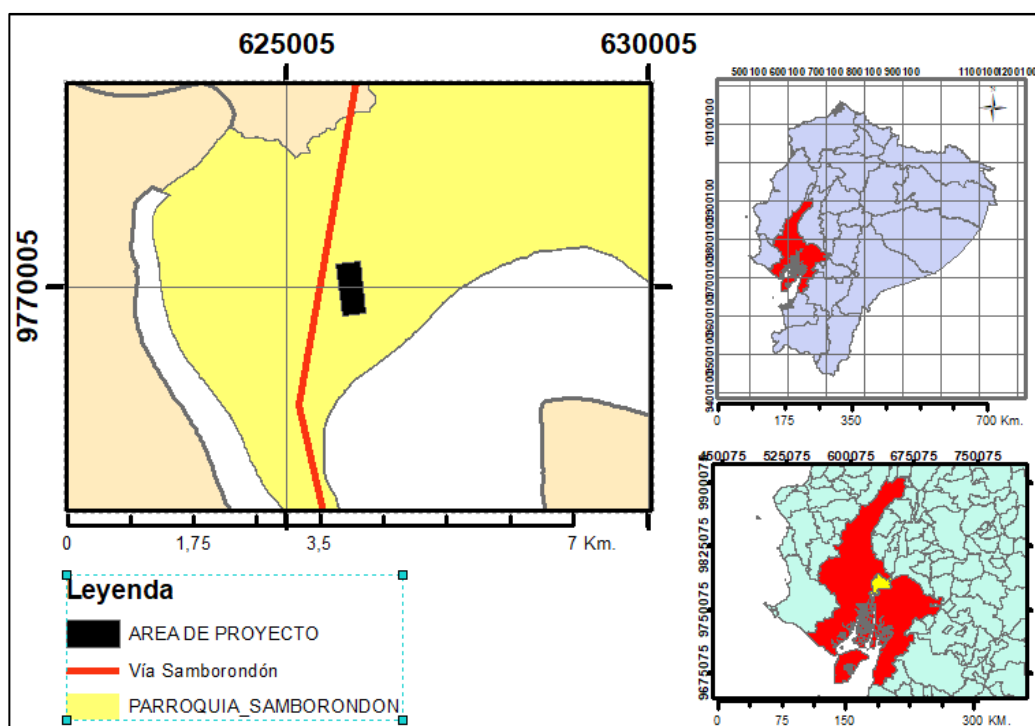


Figura 1. Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales TerraSol y VistaSol.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 2. Esquema del proceso de tratamiento de agua.
Tumbaco y Acebo, 2018.

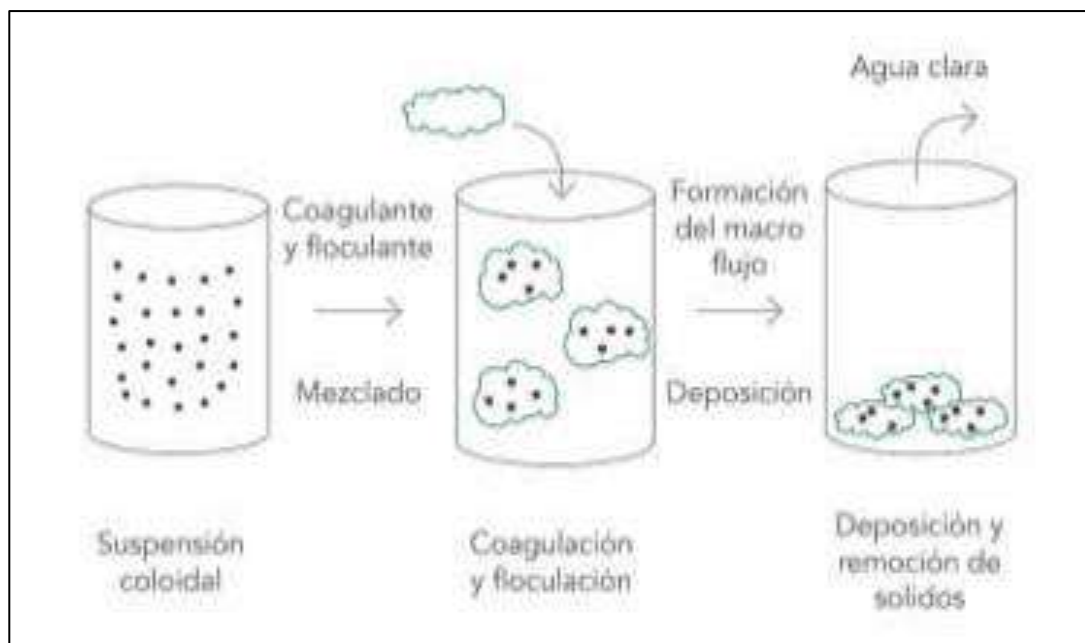


Figura 3. Proceso de coagulación y floculación.
Nieto y Orellana, 2011.

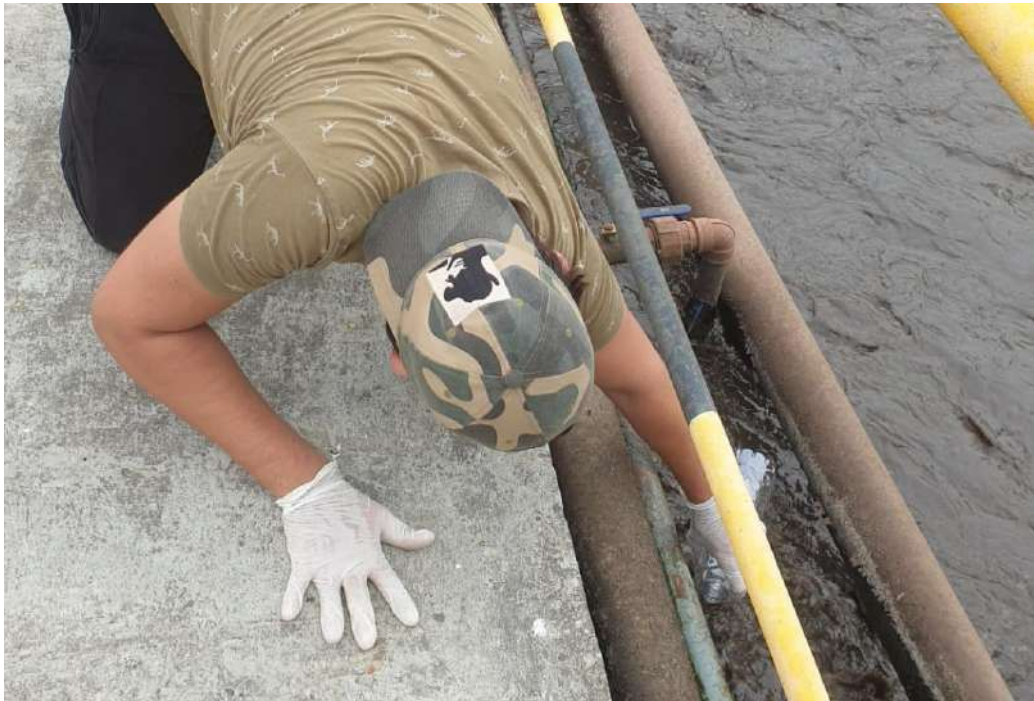


Figura 4. Recolección de muestras de agua residual.
Chango y Ruiz, 2021.

Figura 5. Dimensionamiento de cisternas para cálculo de caudal.



Chango y Ruiz, 2021.



Figura 6. Análisis mediante medidor de sólidos disueltos totales.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 7. Análisis mediante método nefelométrico. Chango y Ruiz, 2021.



Figura 8. Análisis mediante multiparámetro para oxígeno disuelto.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 9. Análisis mediante petrifilm para conteo de coliformes totales.
Chango y Ruiz, 2021.

ingce-studios
Laboratorio de calidad de aguas.

INFORME DE RESULTADOS No.0157-21

FECHA DEL INFORME: 2021/05/19		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Ubicación con GPS: 625340,9769436	
Empresa	: AMAGUA	Tipo de Muestra	: Simple
Dirección	: Av. Samborondon	Identificación de la muestra	: Terra Sol (Agua residual)
Solicitado por	: Ing. Leonardo Tapia	Norma técnica de muestreo	: INEN 2169/2176:2013
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Fecha de Toma	: 2021/05/11
F.Inicio del Análisis	: 2021/05/11 T°C : 24,0	Responsable toma de muestra	: Sr. Leonardo Gallegos
F.Fin del Análisis	: 2021/05/16 %H : 63,9	Hora	: 11:00 Simple
		Fecha de Ingreso	: 2021/05/11

RESULTADOS

Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	131,8	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	410	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200

Ing. Mario Márquez
Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

Figura 10. Certificado de análisis de DBO5 y DQO para la planta TerraSol. Chango y Ruiz, 2021.

ingce-studios
Laboratorio de calidad de aguas.

INFORME DE RESULTADOS No.0158-21

FECHA DEL INFORME: 2021/05/19		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Ubicación con GPS: 625342,9764402	
Empresa	: AMAGUA	Tipo de Muestra	: Simple
Dirección	: Av. Samborondon	Identificación de la muestra	: Vista Sol (Agua residual)
Solicitado por	: Ing. Leonardo Tapia	Norma técnica de muestreo	: INEN 2169/2176:2013
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Fecha de Toma	: 2021/05/11
F.Inicio del Análisis	: 2021/05/11 T°C : 24,0	Responsable toma de muestra	: Sr. Leonardo Gallegos
F.Fin del Análisis	: 2021/05/16 %H : 63,9	Hora	: 11:15 Simple
		Fecha de Ingreso	: 2021/05/11

RESULTADOS

Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	138,1	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
**Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	377	15%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200

Ing. Mario Márquez
Ing. Mario Márquez
Jefe del Laboratorio

Figura 11. Certificado de análisis de DBO5 y DQO para la planta VistaSol. Chango y Ruiz, 2021.

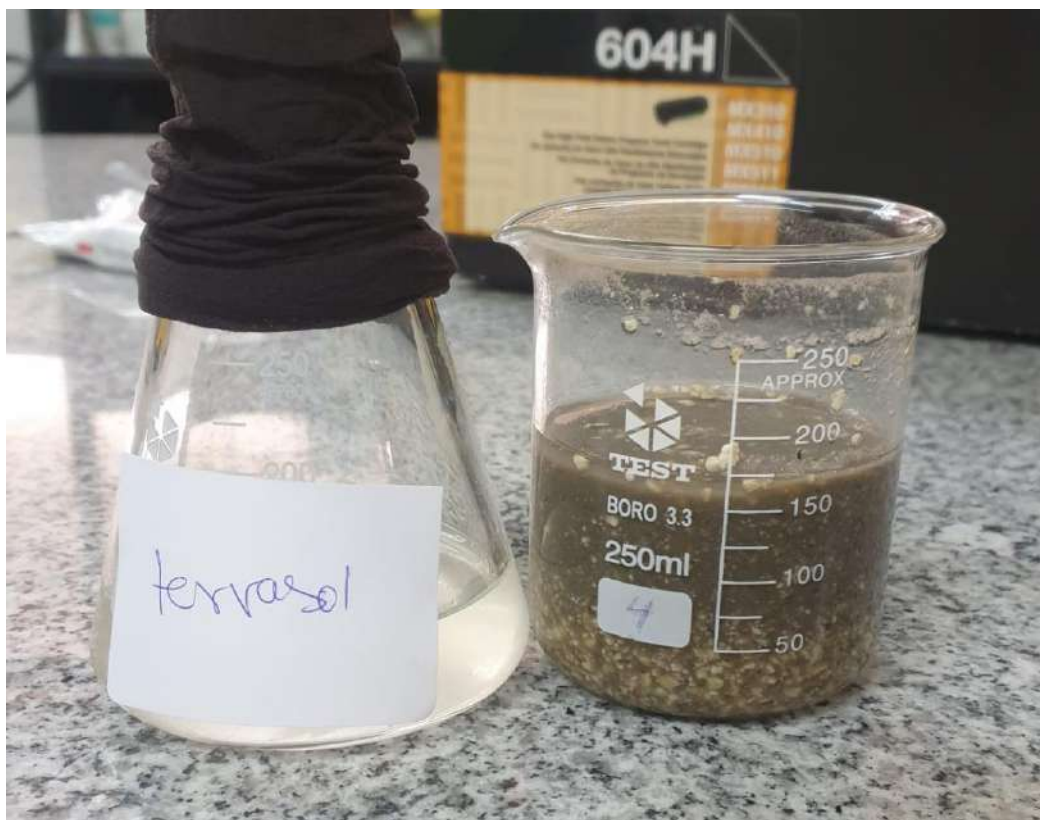


Figura 12. Método de jarras para determinación de dosis de *M. oleífera*. Chango y Ruiz, 2021.



Figura 13. Semillas de *M. oleífera* sin cáscara. Chango y Ruiz, 2021.



Figura 14. Semillas de *M. oleífera* pulverizadas.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 15. Dosis de *M. oleífera* aplicadas en las muestras.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 16. Resultado de la aplicación de semillas de *M. oleífera*.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 17. Agua residual tratada con *M. oleífera*.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 18. Visita técnica a las plantas de tratamiento.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 19. Charla informativa con operador de Amagua.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 20 Charla informativa con el ingeniero encargado de las plantas de tratamiento de Amagua.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 21 Charla con operador de Amagua.
Chango y Ruiz, 2021.



Figura 22 Charla informativa acerca de la *M. oleífera* con el ingeniero Dávila trabajador de Amagua.
Chango y Ruiz, 2021.

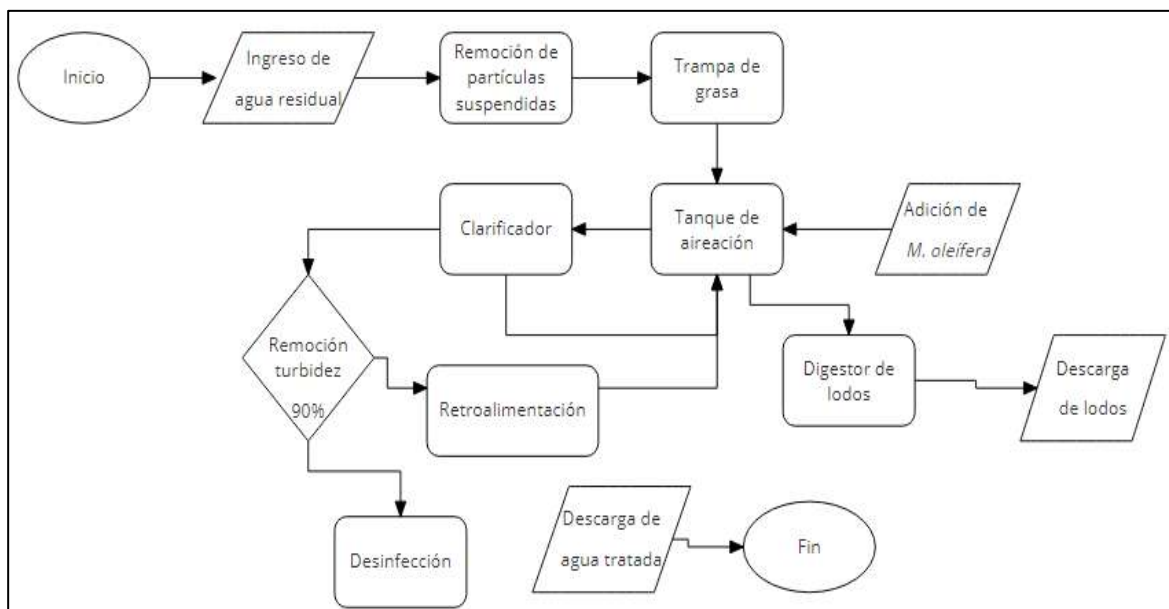


Figura 23 Diagrama de flujo del tratamiento de las plantas TerraSol y VistaSol.
Chango y Ruiz, 2021.

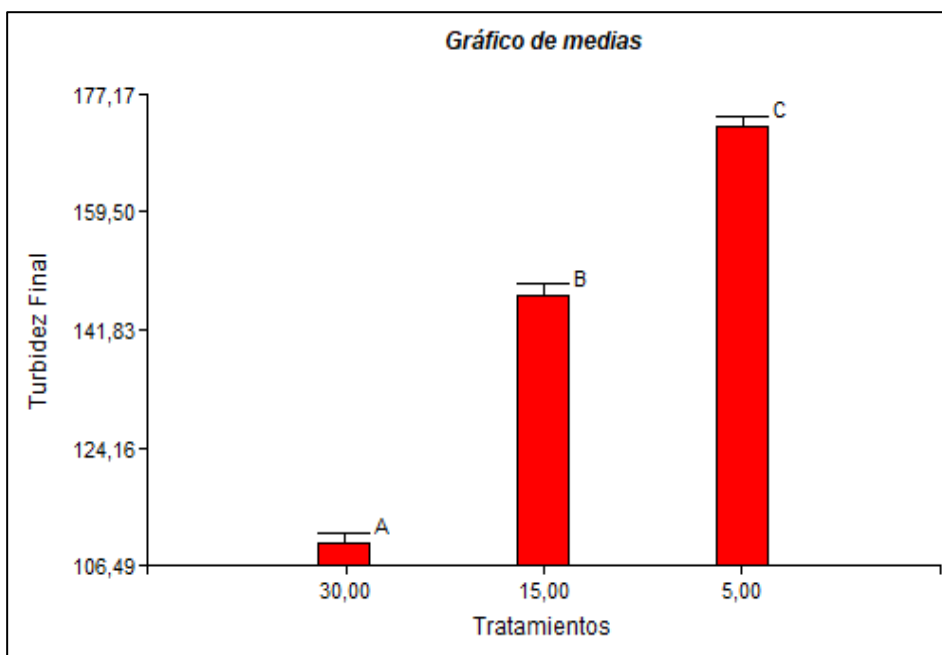


Figura 24. Gráfico de medias.
Análisis e interacción entre la turbidez final con los tratamientos.
Chango y Ruiz, 2021.


Universidad Agraria del Ecuador
 Guayaquil - Ecuador

Lista de beneficiarios de las charlas informativas sobre los beneficios, propiedades y ventajas de la semilla de *M. oleifera*.

Nombres y apellidos de los beneficiarios	Número de cédula	Firma
1. John Panta	090909311-4	John Panta Proano
2. Jessica P. Soria	0910764307	J. Soria
3. Alberto Estephan	0953917051	Alberto Estephan
4. Erick Valenzuela	0953102761	Erick Valenzuela
5. Carlos Soria	080237665	Carlos Soria
6. EDWIN CORDERO	0902112062	Edwin Cordero
7. LEONIDAS DAVID VILLO	1311420325	Leonidas David Villos
8. Cristhian Panta P.	0909093171	Cristhian Panta P.
9. GERARDO ILLERA	0910888484	Gerardo Illera

Figura 25 Listado de beneficiarios de las charlas informativas.
Chango y Ruiz, 2021.


 Universidad Agraria del Ecuador Guayaquil - Ecuador			
10.	Kevin Hernández	08 126442836	Kevin H
11.	Joenica Anstano	0925288128	Joenica B.R.
12.	Rudy Vera	0925143265	Rudy
13.	Eduardo Machado	0924948796	Eduardo
14.	Gerardo José Gómez	19737737	Gerardo
15.	José Cabaña	0914795764	José Cabaña
16.	Fernando Egas Ulez	0932322043	Fernando Egas
17.			
18.			
19.			
20.			

Figura 26 Listado de beneficiarios de las charlas informativas.
 Chango y Ruiz, 2021.