

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



SOLUCIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO DE GUÁCIMO
(Guazuma ulmifolia Lam.) Y POLICLORURO DE
ALUMINIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA
DE LAS OFICINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JAÉN.

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autora : Bach. Guisela Milagros Marcelo Sosa.
Asesores : Mg. Jorge Antonio Delgado Soto.
Dr. Alexander Huamán Mera.

JAÉN-PERÚ, julio, 2021

FORMATO 3: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 23 de julio del año 2020, siendo las 15:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado evaluador de manera virtual:

Presidente: Mg. Wilfredo Ruíz Camacho

Secretario: Mg. María Marleni Torres Cruz

Vocal : Mg. José Celso Paredes Carranza, para evaluar la Sustentación del Informe

Final:

Trabajo de Investigación

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“SOLUCIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO DE GUÁCIMO (*Guazuma ulmifolia* Lam.) Y POLICLORURO DE ALUMINIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LAS OFICINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN”, presentado por la Bachiller Guisela Milagros Marcelo Sosa de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

Aprobar

Desaprobar

Unanimidad

Mayoría

Con la siguiente mención:

- a) Excelente 18, 19, 20
- b) Muy bueno 16, 17 (17)
- c) Bueno 14, 15
- d) Regular 13
- e) Desaprobado 12 ò menos

Siendo las 15:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 23 de julio de 2021.

JURADO EVALUADOR



Mg. María Marleni Torres Cruz
Secretario



Mg. Wilfredo Ruíz Camacho
Presidente



Mg. José Celso Paredes
Carranza
Vocal

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|-------------|
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 9 |
| II. OBJETIVOS | 13 |
| 2.1. Objetivo general..... | 13 |
| 2.2. Objetivos específicos. | 13 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 3.1. Materiales..... | 14 |
| 3.1.1. Equipos, materiales y reactivos del laboratorio de química | 14 |
| 3.1.2. Equipos y materiales de campo | 14 |
| 3.2. Métodos | 15 |
| 3.2.1. Tipo de investigación: | 15 |
| 3.2.2. Línea de investigación | 15 |
| 3.2.3. Área de investigación | 15 |
| 3.2.4. Diseño de la investigación..... | 15 |
| 3.2.5. Población, muestra y muestreo | 15 |
| 3.2.6. Ubicación del estudio | 15 |
| 3.3. Muestreo del agua proveniente de las actividades de la limpieza de las actividades de limpieza de la Universidad Nacional de Jaén. | 16 |
| 3.4. Caracterización de la muestra de agua proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén..... | 16 |
| 3.5. Identificación de la especie..... | 20 |
| 3.6. Obtención de la corteza de guácimo..... | 22 |
| 3.7. Obtención del mucílago de guácimo | 23 |
| 3.8. Medición de pH del mucílago de guácimo | 24 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 3.9. | Ensayo de test de jarras..... | 25 |
| 3.10. | Evaluación de la eficiencia de remoción de los parámetros establecidos | 25 |
| IV. | RESULTADOS | 26 |
| 4.1. | Caracterización fisicoquímica de la muestra de agua procedente de las actividades de limpieza | 26 |
| 4.2. | Identificación botánica la especie de guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.) mediante herbarios físicos y virtuales y certificado por especialista. | 27 |
| 4.3. | Estandarizar la concentración óptima de las soluciones del extracto de la corteza del Guácimo y el policloruro de aluminio..... | 27 |
| 4.4. | Medición del color | 28 |
| 4.4.1. | Porcentaje de remoción de color | 28 |
| 4.4.2. | Análisis de datos para el parámetro color..... | 30 |
| 4.5. | Medición de los sólidos totales en suspensión (STS)..... | 31 |
| 4.5.1. | Porcentaje de remoción de solidos totales en suspensión..... | 31 |
| 4.5.2. | Análisis de varianza para el parámetro Sólidos totales en suspensión | 33 |
| 4.6. | Medición de la turbiedad | 34 |
| 4.6.1. | Porcentaje de remoción de la turbiedad..... | 34 |
| 4.6.2. | Análisis de varianza del parámetro de turbiedad..... | 36 |
| V. | DISCUSIÓN..... | 37 |
| VI. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 6.1. | Conclusiones | 40 |
| 6.2. | Recomendaciones | 41 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 42 |
| | AGRADECIMIENTO..... | 46 |
| | DEDICATORIA | 47 |
| | ANEXO..... | 48 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Ensayos realizados a la muestra de agua de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén | 27 |
| Tabla 2. Resultado de tratamientos y repeticiones de color (UCV-Pt-Co)..... | 28 |
| Tabla 3. Porcentajes de remoción del parámetro color..... | 29 |
| Tabla 4. Análisis de varianza..... | 30 |
| Tabla 5. Comparación de medias, prueba de Tukey..... | 30 |
| Tabla 6. Comparación de pares, prueba de Tukey a nivel de confianza de 95 % | 30 |
| Tabla 7. Porcentajes de remoción del parámetro STS..... | 31 |
| Tabla 8. Porcentajes de remoción de los tratamientos y repeticiones del parámetro STS | 32 |
| Tabla 9. Análisis de Varianza | 33 |
| Tabla 10. Comparación de medias, prueba de Tukey..... | 33 |
| Tabla 11. Comparación de medias, prueba de Tukey al nivel de confianza de 95 %..... | 33 |
| Tabla 12. Turbiedades finales de los tratamientos y repeticiones (NTU) | 34 |
| Tabla 13. Porcentaje de remoción de turbiedad..... | 35 |
| Tabla 14. Análisis de Varianza | 36 |
| Tabla 15. Comparación de medias, prueba de Tukey..... | 36 |
| Tabla 16. Comparación de pares, prueba de Tukey a nivel de confianza de 95 % | 36 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de la elaboración de escicatas para la identificación de la especie..... | 22 |
| Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención de la corteza de Guácimo | 23 |
| Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento de la obtención del mucílago de Guácimo | 24 |
| Figura 4. Porcentajes promedios de remoción de los tratamientos del parámetro color. | 29 |
| Figura 5. Porcentajes promedios de remoción de los tratamientos del parámetro STS | 32 |
| Figura 6. Porcentaje promedios de remoción de los tratamientos del parámetro turbiedad | 35 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|------|
| Anexo 1. Extracción de la corteza de Guácimo | 48 |
| Anexo 2. Corteza de Guácimo extraída..... | 48 |
| Anexo 3. Desfibrado de las cortezas de Guácimo | 49 |
| Anexo 4. Pesado de las fibras de corteza de Guácimo | 49 |
| Anexo 5. Macerado de las cortezas de Guácimo..... | 50 |
| Anexo 6. Mucílago extraído de la corteza de Guácimo | 50 |
| Anexo 7. Centrifugado del mucílago de Guácimo | 51 |
| Anexo 8. Medición de pH del mucílago de Guácimo | 51 |
| Anexo 9. Macerado de las cortezas del fuste del Guácimo | 52 |
| Anexo 10. Obtención de la muestra de agua | 52 |
| Anexo 11. Obtención de la muestra agua..... | 53 |
| Anexo 12. Selección de las ramas de Guácimo para la elaboración de escicatas | 53 |
| Anexo 13. Colecta de muestra para la elaboración de escicatas. | 54 |
| Anexo 14. Secado de las muestras de las ramas de Guácimo para la elaboración de las escicatas | 54 |
| Anexo 15. Etapa de montaje y etiquetado de las escicatas..... | 55 |
| Anexo 16. Escicata virtual obtenida de la base de datos Trópicos..... | 55 |
| Anexo 17. Prueba de jarras de los diferentes tratamientos y repeticiones | 56 |
| Anexo 18. Prueba de jarras en la etapa de sedimentación de los diferentes tratamientos y repeticiones | 56 |
| Anexo 19. Informe de ensayo de caracterización de la muestra de agua | 57 |
| Anexo 20. Informe de ensayo para el parámetro color postratamiento..... | 59 |
| Anexo 21. Informe de ensayo para el parámetro Sólidos totales suspendidos postratamiento | 60 |
| Anexo 22. Informe de ensayo para el parámetro turbiedad postratamiento | 61 |
| Anexo 23. Certificado de identificación de la especie | 62 |
| Anexo 24. Mapa de ubicación de las parcelas de Guácimo | 63 |

RESUMEN

Actualmente para los procesos de coagulación-floculación en los tratamientos primarios de aguas se emplea sales químicas inorgánicas las cuales resultan un ser un problema ambiental y económico, existe una corriente de investigación científica que propone emplear extractos vegetales como un coagulante natural, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de las soluciones de extracto de guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y policloruro de aluminio, que permitieron disminuir la turbiedad, color y sólidos totales suspendidos (STS) de las aguas provenientes de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén. Se realizaron cuatro tratamientos: T₁ (10 ml de extracto de guácimo y 0.5 ml de policloruro de aluminio), T₂ (8 ml de extracto de guácimo y 1.5 ml de policloruro de aluminio), T₃ (5 ml de extracto de guácimo y 2 ml de policloruro de aluminio) y el blanco T₄ (2 ml de policloruro de aluminio). Mediante un test de jarras se determinó que la concentración óptima fue el T₁, el cual logró disminuir el 99.63 % de turbiedad, 99.18 % de color y 99.59 % de STS.

Palabras claves: *Guácimo; color; turbiedad; solidos totales en suspensión.*

ABSTRACT

Currently, for the coagulation-flocculation processes in primary water treatments, inorganic chemical salts are used which turn out to be an environmental and economic problem, there is a current of scientific research that proposes to use plant extracts as a natural coagulant, the present investigation aimed to determine the optimal dose of the guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) extract and aluminum polychloride solutions, which allowed to reduce the turbidity, color and total suspended solids (STS) of the waters from the cleaning activities of the offices of the Universidad Nacional de Jaén. Four treatments were carried out: T1 (10 ml of guácimo extract and 0.5 ml of poly aluminum chloride), T2 (8 ml of guácimo extract and 1.5 ml of poly aluminum chloride), T3 (5 ml of guácimo extract and 2 ml of aluminum polychloride) and T4 blank (2 ml of aluminum polychloride). Through a jar test it was determined that the optimal concentration was T1, which managed to reduce 99.63% of turbidity, 99.18% of color and 99.59%.

Keywords: *Guácimo; colour; turbidity; total suspended solids.*

I. INTRODUCCIÓN

Los coagulantes químicos para los tratamientos de coagulación- floculación, compuestos por sales de aluminio, poseen elevada eficiencia de remoción de la turbiedad, color y sólidos totales en suspensión de aguas para ser potabilizadas y residuales. Estas sales se han convertido en problemas ambientales, económicos y de salud, debido a los residuos de aluminio que generan, los lodos producidos en el proceso de sedimentación, son fuente de contaminación, generalmente estos son vertidos a cuerpos receptores, para evitar el incremento del costo del tratamiento. (Díaz, 2014)

Ramírez y Jaramillo (2015) señalan que, los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua, aglomeran las partículas en suspensión, aumentando su peso y facilitando su sedimentación; esto permite la remoción de la turbidez, color y sólidos totales en suspensión. Algunos coagulantes poseen propiedades antimicrobianas, que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos para el ser humano.

Martínez y González (2012) afirman que, los coagulantes naturales son una fuente alternativa, con un gran potencial que aún no se emplea de la misma manera que los coagulantes de las sales de aluminio. Los coagulantes naturales suelen presentar una mínima o nula toxicidad, son biodegradables, en muchos casos presentan alto contenido de carbohidratos y proteínas. Estos coagulantes naturales con propiedades aglomerantes o mucilaginosas se pueden obtener de los tallos, las semillas y frutos de diferentes variedades de plantas.

Guzmán et ál. (2013) manifiestan que, el uso de coagulantes naturales tiene muchas ventajas, como la de producir bajos volúmenes de lodos, los cuales son biodegradables. Además, son eficientes coadyuvantes de coagulantes inorgánicos, ya que ayudan a reducir la dosis de sales inorgánicas.

El guácimo es un arbusto perteneciente a la familia de las Malvaceae cuyo mucílago es ácido ya que tiene un pH de 6.43, estos mucílagos ácidos en su estructura se pueden encontrar derivados ácidos de las osas, los podemos encontrar en plantas pertenecientes a la familia Plantaginaceae, Malvaceae, Linaceae.

Marcelo et ál. (2010), sostienen que, la *Guazuma ulmifolia* Lam. es una especie que se distribuye en la provincia de Jaén, perteneciente a la familia de las Malvaceae.

Mostacero y Mejía (2002), señalan que el guácimo es un arbusto, caducifolio, frondoso mide de 2 a 25 m de altura, con un DAP de 30 a 40, pudiendo alcanzar los 80 cm, se ramifica desde la base, sus ramas son largas y extendidas. Las hojas son alternas, de margen aserrado, verde oscuras y sedoso en la zona abaxial del limbo. Su tronco es irregular, la corteza externa es ligeramente fisurada, las flores tienen forma de racimos de color blanco y amarillo, la floración suele presentarse entre los meses de abril a octubre, sus frutos tienen forma de piña son de color verde y en su madures presentan color negro (p.13-14)

Vera y Manzaba (2019), sustentan que la composición química general de los mucílagos, corresponde a los polisacáridos heterogéneos o también llamados mucopolisacaridos, en su mayoría agliconas, constituido por parte glúcido o carbohidrato como las manosa, glucosa, galactosa y otros derivados de las osas y otra macromolécula que puede ser una proteína, las cuales son anfotéricas, es decir poseen doble carga. Una de las características de estos compuestos es que son de naturaleza amorfa y poseen elevado peso molecular. Estos compuestos al contacto con el agua forman soluciones con alto nivel de viscosidad.

Castañeda, Zavaleta y Siche (2019), manifiestan que:

El mucílago es un polisacárido natural que puede ser neutro o ácido. Los polisacáridos neutros, están constituidos por una cadena principal de β – D – xilano y arabinoxilano, donde las cadenas de arabinosa y galactosa están conectadas en la posición 2 o 3 de la cadena principal. Los polisacáridos ácidos están constituidos por una cadena principal de α – L – ramnopiranosil y residuos del ácido D – galactopiranosiluronico con cadenas de fucosa y galactosa.

Existen investigaciones que han evaluado a los mucílagos extraídos de las especies de chíá, linaza, tuna, cactus, guácimo, malva como coagulantes naturales.

Los coagulantes naturales de *Guazuma ulmifolia* Lam, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Opuntia indica*, *Manihot esculenta*, *Tamarindus indica*, *Pithecellobium saman*, *Malvaviscus arboreus*, *Hylocerus undatus* y *Heliocarpus popayanensis* muestran propiedades coagulantes y saludables y no tóxicas, por consiguiente, dichos coagulantes podrían ser una alternativa prometedora para el tratamiento de aguas residuales. (López et al. 2017)

Empleando dosis de 600 ppm y 700 ppm del coagulante natural obtenido del mucílago de *Opuntia wentiana*, se han reportado eficiencias de remoción del orden del 91,82 % y 98,34 % en aguas con turbiedades de 100 a 200 NTU (Parra et ál. 2011)

Aguirre, Piraneque y Cruz (2018) indican que, empleando dosis de 2 g L⁻¹ de mucílagos de *Moringa oleífera*, remueve 96.8 % de turbidez y 97.8 % de color, con 1 g L⁻¹ de *Opuntia ficus-indica*, remueve 70.6 % de turbidez y color, con 0.1 g L⁻¹ de, *Azadirachta indica*, remueve 65.8 % de turbidez y 57.2 % de color y finalmente con 2.5 g L⁻¹ de *Zea mays* remueve 60.8 % de turbidez y 50.4 % de color.

Feria et ál. (2014) señalan que, empleando dosis de 4,5 mg/L y 17 mg/L del coagulante natural de semillas de *Moringa oleífera*, extraído con solución salina de NaCl al 1 %, remueven la turbiedad de aguas que presentan más de 90 NTU, reportando eficiencias mayores al 90%. Martínez et al. (2003) indica que el mucílago de *Cactus lefaria* extraído con metanol y acetato de etileno remueve entre 80 y 90 % de turbiedad, empleando dosis de 10 mg/L.

La relación que existe entre las especies de algunas cactácea y la capacidad floculante de las mismas es directamente proporcional a la concentración de la dosis y el porcentaje de remoción de turbiedad, probablemente por la composición de sus estructuras anatómicas y la concentración de la dosis para el 1% de solución coagulante. (Choque et al. 2020)

Otras especies como *Stenocereus griseus*, reportan porcentajes de remoción que supera el 70 % en muestras de agua con diferentes turbiedades desde 20 a 100 NTU, siempre que las dosis se incrementen desde los 300 hasta los 600 ppm. (Fuentes et ál. 2011)

Según Fuentes et ál (2016), los coagulantes naturales de *Moringa oleífera*, *Cactus opuntia*, algas marinas y almidón de yuca, con un pre tratamiento de soluciones de hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), cloruro de calcio (CaCl₂), hidróxido de sodio (NaOH) y cloruro de sodio (NaCl), todo estos a la concentración de 0.2M, pueden ser utilizados para

tratar muestras de aguas con turbiedades que van de 40.8 NTU hasta 800 NTU, reportándose remociones que están en el rango de 79.73 % a 88.26%. Siendo la *Moringa oleífera* la más eficaz.

Existen pocas investigaciones referidas a las propiedades coagulantes del mucílago obtenido del guácimo y su capacidad coagulante., la cual puede ser mezclada con coagulantes inorgánicos. Esta mezcla disminuiría el uso de sales de aluminio. Al respecto Solís, Laines y Hernández (2012), indican que, las mezclas de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y almidón de yuca, con dosis de 28 mg/L de la sal y 2 mg/L de almidón de yuca reportan porcentajes de remoción de turbiedad de 97.9 % y de color de 91.6 %.

Empleando dosis de 56 mg/L de sulfato de aluminio con 5 mg/L de *Aloe vera*, en aguas con turbiedad media (45.5 NTU), se removió el 96.5 %, con dosis de 32 mg/L de sulfato de aluminio y 13 mg/L de *Aloe vera*, en aguas con turbiedad alta (101 NTU), se removió el 98.7% y finalmente con 24 mg/L de sulfato de aluminio con 14 mg/L de *Aloe vera* se removió el 98.5 %. (Kopytko et ál. 2014).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Determinar la dosis óptima de las soluciones de extracto de guácimo y policloruro de aluminio en el tratamiento de aguas provenientes de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2. Objetivos específicos.

- ✓ Caracterizar parámetros fisicoquímicos de las aguas provenientes de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.
- ✓ Identificar botánicamente la especie de Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) mediante herbarios físicos y virtuales.
- ✓ Estandarizar la concentración óptima de las soluciones del extracto de la corteza del Guácimo y el policloruro de aluminio.
- ✓ Determinar la dosis óptima de la solución de extracto de la corteza del Guácimo y el policloruro de aluminio, que permita disminuir el color, los sólidos totales en suspensión y la turbiedad de las aguas provenientes de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Equipos, materiales y reactivos del laboratorio de química

- **Equipos**

Balanza analítica RANDWA MODELO WTB200, estufa Nahita modelo 632 plus, Turbidímetro marca HANNA HI-98703, pH metro de mesa marca HANNA modelo HI2550, fotolorímetro HACH DR 900, frio bar marca Daweo, agitador mecánico marca ANALIS BELGIUM, test de jarras.

- **Materiales de vidrio**

Pipetas, probetas graduadas, matraces, vasos precipitados, embudo, matraz aforado, papel filtro.

- **Reactivos**

Solución de cloruro de sodio a 1 %.

3.1.2. Equipos y materiales de campo

- **Equipos**

GPS, binoculares, cámara fotográfica

- **Materiales de campo y de laboratorio de dendrología**

Baldes de plástico de 20 L de capacidad, Libreta de apuntes, lapiceros, marcadores, tijeras de podar, papel molde, machetes, láminas de cartón, bolsas Ziplock, rafia, prensas botánicas de madera, papel de periódicos, cartulina blanca, hilo de cocer, aguja, goma.

3.2.Métodos

3.2.1. Tipo de investigación:

Aplicada- Experimental

3.2.2. Línea de investigación

Gestión de la calidad ambiental

3.2.3. Área de investigación

Calidad Ambiental

3.2.4. Diseño de la investigación

Se empleó un diseño completamente al azar DCA, análisis de varianza y comparación de medias empleando el método de Tukey.

3.2.5. Población, muestra y muestreo

- **Población:** Todo el volumen de agua de un día de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén
- **Muestra:** 20 litros de agua del volumen total.
- **Muestreo:** se realizará un muestreo simple ya que la toma muestra será de un lugar determinado y una sola vez.

3.2.6. Ubicación del estudio

La primera etapa del trabajo se efectuó en la parcela de señor Elí Oblitas Ramírez, en el sector Yanuyacu, distrito de Jaén, allí se procedió a seleccionar las muestras botánicas de guácimo, para la obtención de escicatas y su identificación. Anexo 63

La segunda etapa del trabajo fue el muestreo del agua proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.

Y la última etapa se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Forestal ambiental de la Universidad nacional de Jaén, en el laboratorio privado Oikoslab y en el laboratorio de la Empresa Prestadora de Servicios de Agua EMAPA ambos ubicados en la ciudad de Jaén

3.3.Muestreo del agua proveniente de las actividades de la limpieza de las actividades de limpieza de la Universidad Nacional de Jaén.

El muestreo se realizó teniendo ciertos criterios de muestreo del “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”, indicados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), se realizó un muestreo simple ya que la toma muestra fue de un lugar determinado y una sola vez.

3.4.Caracterización de la muestra de agua proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.

Se realizaron los siguientes ensayos fisicoquímicos

3.4.1. Medición del color

Para la medición del color de la muestra se utilizó el fotocolorímetro HACH modelo DR-900. Primero se procedió a leer una cubeta de 10 ml de capacidad con agua destilada (blanco) y luego en otra cubeta con la muestra de agua gris.

3.4.2. Medición de sólidos totales en suspensión (STS)

Se utilizó el equipo fotocolorímetro marca HACH modelo DR-900, usando una cubeta con agua destilada como blanco y otra con 10 ml de muestra de agua. Colocando dentro de la celda de medición cubeta como blanco, luego el vial con la muestra. Se midió en mg/L de sólidos totales suspendidos

3.4.3. Medición de la turbiedad

Para la medición de la turbiedad, se utilizó el equipo Turbidímetro marca HANNA modelo HI 98703. Para tal efecto se calibró, con las soluciones estándares de 0.1NTU, 10 NTU, 100 NTU y 1000 NTU, luego se vertió 10 ml de la muestra en una cubeta y se colocó en la celda para proceder a la medición.

3.4.4. Medición de potasio

Para la medición de Potasio se empleó el equipo multiparámetro marca HANNA modelo HI 83225, se programó el equipo en el parámetro requerido, en una cubeta de vidrio se vertió 10 ml de la muestra, luego se añadieron seis gotas de reactivo HI 93750 A, luego se lo ubicó dentro de la cédula de medición del equipo y a continuación se sacamos la cubeta y le agregamos el reactivo HI 93750 B, se volvió a reinsertar la cubeta en la celda de medición y se configuró a 2 minutos de reacción y luego se procedió a leer.

3.4.5. Medición de hierro

Se empleó el equipo Fotocolorímetro Marca HACH modelo DR-900, para la medición se preparará una muestra y un blanco.

Preparación de la muestra: se vertió 10 ml de muestra en una cubeta de vidrio, añadiremos el reactivo FerroVer, agitar la cubeta y dejaremos tres minutos de reacción.

Preparación del blanco: se vertió en otra cubeta de vidrio 10 ml de muestra.

Luego de preparar la muestra y el blanco se colocó el blanco en la cédula de medición y aceramos, luego se insertó la cubeta de muestra más el reactivo y se procedió a leer la cantidad de hierro presente en la muestra proporcionada en mg/L.

3.4.6. Medición de sulfatos

Se empleó el equipo Fotocolorímetro Marca HACH modelo DR-900, para la medición se vertió 10 ml de muestra de agua en una cubeta de vidrio y se insertó dentro de la celda de medición y aceramos, luego sacamos la cubeta y le añadimos una pizca de cloruro de bario y la volvimos a reinsertar y configuramos 5 minutos de reacción y finalmente se procedió a leer la cantidad de sulfatos en mg/L presentes en la muestra de agua.

3.4.7. Medición de manganeso

Se empleó el equipo Fotocolorímetro Marca HACH modelo DR-900, para la medición se preparó una muestra y un blanco.

Preparación de la muestra: se vertió 10 ml de muestra en una cubeta de vidrio, añadimos el reactivo buffer power pilow, agitamos la cubeta, luego se añadió el reactivo sodium periodate power pilow, agitamos la cubeta y dejamos reaccionar por dos minutos.

Preparación del blanco: se vertió en otra cubeta de vidrio 10 ml de muestra.

Luego de preparar la muestra y el blanco se colocó el blanco en la cédula de medición y aceramos, luego insertamos la cubeta de muestra más el reactivo y procedimos a leer la cantidad de Manganeso en mg/L presente en la muestra.

3.4.8. Medición de Aluminio

Se empleó el equipo Fotocolorímetro Marca HACH modelo DR-900, en una probeta graduada de 50 mL de capacidad se vertió 50 mL de muestra, añadiremos un sobre de ácido ascórbico en polvo, agitamos hasta que el polvo se disolvió, luego añadimos un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3.

Preparación del blanco: De la mezcla preparada se tomó una alícuota de 10 mL y se vertió en una cubeta de vidrio y añadimos un sobre de reactivo Bleaching 3 agitamos por treinta

segundos hasta que la muestra viró de un color anaranjado claro a medio y finalmente dejamos reaccionar por 15 minutos

Preparación de la muestra: se tomó otra alícuota de 10 mL de la muestra preparada en la probeta

Finalmente se colocó en la celda de medición la cubeta del blanco de la muestra, sacamos la cubeta y se insertó la otra cubeta con muestra y se procedió a leer la cantidad de aluminio en mg/L presente en la muestra.

3.4.9. Determinación de cloruros

Se determinó por el método de volumetría.

-Preparación de reactivos:

Nitrato de plata a 0.1 N: Pesamos 1.699 g de nitrato de plata y llevamos a una fiola de 100 ml enrazamos a 100 ml.

Indicador dicromato de potasio: se pesó 3.884 g de dicromato de potasio y se disolvió en 100 mL dentro de una fiola de esa capacidad.

-Estandarización del nitrato de plata: En una bureta se vertió nitrato de plata preparado, en un matraz se vertió 100 mL de cloruro de sodio a 0.1 N y añadimos dos gotas de dicromato de potasio la solución tornó a un color amarillo y titulamos hasta que vire a un color rojo ladrillo, anotamos el volumen gastado de nitrato de plata. Por último, mediante la fórmula de la Normalidad se calculó la normalidad corregida del nitrato de plata:

$$N_c = \frac{V_t}{V_p} * c$$

Donde:

V_t : Volumen teórico

V_p : Volumen gastado en la titulación

N_t : Normalidad teórica del nitrato de plata.

Una vez preparados los reactivos en un matraz vertimos 100 ml de la muestra, añadimos 3 mL aproximados del indicador dicromato de potasio, con el cual la muestra viró a un color amarillo y finalmente con una micropipeta se tituló con nitrato de plata hasta que se observó el viraje de color amarillo a rojo ladrillo sea permanente, anotar el volumen en mililitros gastado.

Para el cálculo del contenido de Cloruros en ppm es la siguiente:

$$\text{Cloruros en ppm} = \frac{V * N_{AgNO_3} * 0.0355}{V(\text{mL}) \text{ de muestra}} * 10^6$$

Donde:

V: volumen gastado de nitrato de plata

Normalidad corregida del nitrato de plata

3.4.10. Determinación de dureza

Se determinó por el método de volumetría de formación de complejos.

-Preparación de soluciones:

Solución Buffer o Solución Amortiguadora: Se disolvió 16.9 g de cloruro de amonio, (NH₃Cl) en 143 mL de hidróxido de amonio concentrado (NH₄ OH) y se diluyó a 250 mL con agua destilada y guardamos en un frasco color ámbar.

Indicador Negro de Ericromo T (NET): Se pesó 0.1 g de dicho indicador y 9.9 g de cloruro de sodio (NaCl) y se mezcló preparando así una mezcla en polvo.

Solución estándar de EDTA 0.02 N (Ácido Etilen Diamin Tetracético): Se pesó 0.2 g de la sal disodica EDTA, se disolvió en 20 mL de agua destilada, una vez disuelta transferimos a un matraz aforado de 100 mL y aforamos hasta 100 mL.

Preparar Solución Patrón de CaCO₃:0.02 N: Se pesó 0.1 g de CaCO₃ y colocamos en un vaso de precipitado, añadimos 20 ml de agua destilada, el carbonato de calcio es insoluble en H₂O añadir 2 ó 3 gotas de HCl y agitamos hasta la disolución, se transferirá a un matraz aforado de 100 mL y aforamos.

-Estandarización del EDTA:

En un matraz de 100 mL de capacidad vertimos 10 mL de carbonato de Calcio (CaCO₃), añadimos 2 mL de buffer y una pizca de NET tornándose así la muestra de incoloro a rosado. En una bureta vertimos 20 ml aproximados de EDTA y finalmente titulamos hasta que el contenido del matraz viró de color rosado a azul metálico. Para el cálculo de la normalidad corregida de EDTA se empleó la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{\text{mg de CaCO}_3 \text{ empleada en solució titulada}}{\text{mL de EDTA gastado en la titulación}}$$

Una vez estandarizado en EDTA se procedió a determinar la dureza de la muestra de agua. En un matraz de 100 mL de capacidad se vertió 20 mL de la muestra, añadimos 2 mL de buffer y una pizca de NET tornándose así la muestra de incoloro a rosado. En una bureta vertimos 20 ml aproximados de EDTA y finalmente titulamos hasta que el

contenido del matraz viró de color rosado a azul metálico. Para el cálculo de dureza total se realizará el siguiente cálculo:

$$Dureza\ total = \frac{V * N_{EDTA} * 0.050 * 100}{V\ mL\ de\ la\ muestra}$$

Donde:

V: volumen gastado de EDTA

N: normalidad corregido del EDTA.

3.4.11. Medición del pH

Se realizó la medición directa con el equipo multiparámetro marca HANNA HI-2550, previamente calibrado en tres puntos con los Buffers HI 70004P (pH 4.01), HI 70007P (pH 7.01) y HI 70010 (pH 10.01), tomando como base la norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H⁺ B, 22nd Ed. cuyo título es método electrométrico para medir el pH.

3.4.12. Medición de la conductividad eléctrica

La medición se llevó a cabo utilizando el equipo multiparámetro marca HANNA HI-2550, el cual fue previamente calibrado con solución HI7030, de 1288S μ /cm. Bajo la norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 2510 B, 22nd Ed. cuyo título indica Método para la medición de la Conductividad en el laboratorio.

3.4.13. Medición de los nitratos

Medición realizada por Fotometría, empleando el equipo HANNA.HI 83225, la lectura directa se realizó utilizando el reactivo HI 93728-01. Rango 0 a 300 mg/L, en una resolución de 5 mg/L. La lectura se llevó a cabo con una lámpara de tungsteno con filtro de interferencia a una longitud de onda de 525 nm. El ensayo es una adaptación del método de reducción por Cadmio. La reacción entre el nitrógeno y el nitrato originó una coloración ámbar en la muestra.

3.5. Identificación de la especie.

Se prepararon escicatas, según la metodología empleada por Peixoto y Maia (2013), que indica lo siguiente:

En la parcela se seleccionaron ejemplares de árboles, con partes maduras que se encuentren en buenas condiciones, libre de daño de insectos, hongos o enfermedades. Los pasos descritos son los siguientes: colecta, prensado, secado, montaje y etiquetado. (Figura 1)

3.5.1. Colecta

Se colectaron las ramas terminales de los árboles con ramas que tenían estados vegetativos y reproductivos (hojas, frutos y flores).

3.5.2. Prensado

Las ramas colectadas se colocaron cuidadosamente entre las hojas plegadas de papel periódico, colocados entre las láminas cartón, con canales siempre en la misma dirección, y así sucesivamente, hasta completar todo el material recogido. Se colocó este conjunto apilado entre las prensas botánicas de madera y atado con paja rafia.

3.5.3. Secado

El secado se realizó a temperatura ambiente ya que las hojas de la especie no eran suculentas y por lo cual no necesitaban un secado en estufa.

3.5.4. Montaje y etiquetado de la escicata

Una vez secadas las muestras, con cuidado se colocaron sobre cartulinas blancas de 30 x 40 cm, luego fueron fijadas usando hilo y aguja. Luego se etiquetó considerando los siguientes datos: Nombre de la universidad, familia a la que pertenece la especie, nombre científico, fecha de la colecta, sitio de la colecta, nombre del colector.

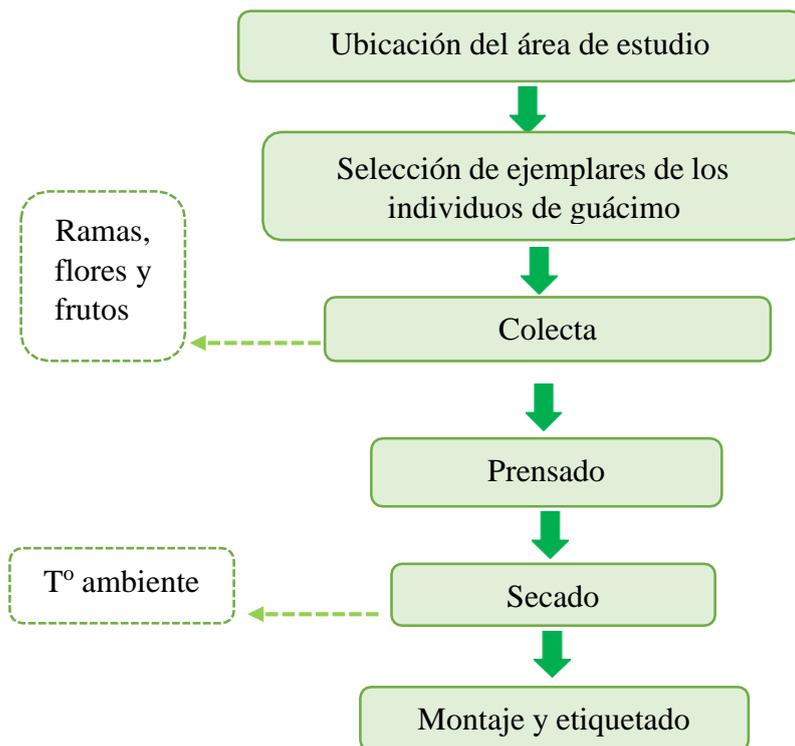


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de la elaboración de escicatas para la identificación de la especie

3.6. Obtención de la corteza de guácimo

Para la obtención de la muestra de corteza de los ejemplares seleccionados para las escicatas, se descortezaron algunas ramas y el fuste. Se empleó un formón para realizar dos cortes verticales y dos horizontales, paralelas al eje del árbol, extrayéndose pequeñas muestras de la corteza, esto se llevó a cabo con la finalidad de no afectar la actividad fisiológica de la planta y así poder evitar la muerte del individuo. Esta es una práctica muy empleada para estos menesteres, ya que no se encuentra una metodología validada. Posteriormente las muestras fueron colocadas en bolsas de ziplock y trasladadas a un ambiente seco. (Figura 2)

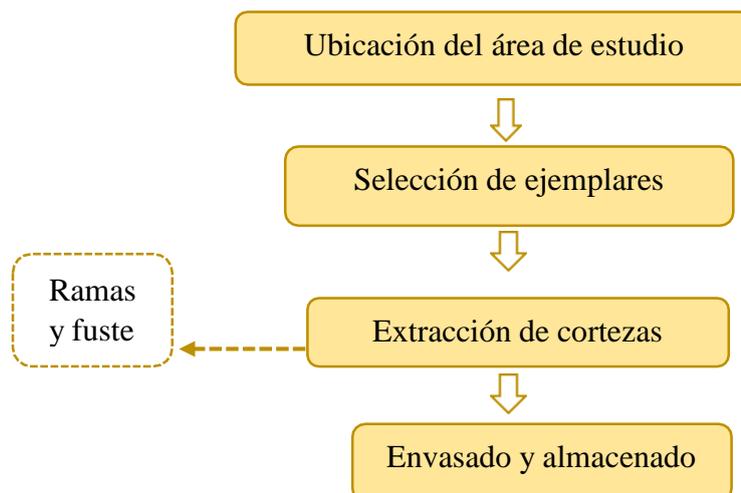


Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención de la corteza de guácimo

3.7. Obtención del mucílago de guácimo

Para la obtención del extracto de guácimo se tomó como base, la metodología establecida por Feria et al. 2016, primero se le quitó la corteza externa, luego deshebró en hilos la corteza interna, posteriormente se pesó 10 g de fibra de corteza limpia y se colocaron en un recipiente conteniendo agua destilada y solución salina de cloruro de sodio 1.0 % (W/V). Se dejó en maceración por 6 horas. Transcurrido el tiempo obtuvo una solución viscosa, se pasó a quitar de los envases la corteza de guácimo dejando solo la solución viscosa, la cual se mezcló con agitación mecánica lenta por el lapso de 1 hora. Luego se trasvasó a un frasco ámbar, el cual se rotuló como extracto coagulante salino, de concentración de 10,000 mg/L, finalmente se refrigeró a 4 °C. (Figura 3)

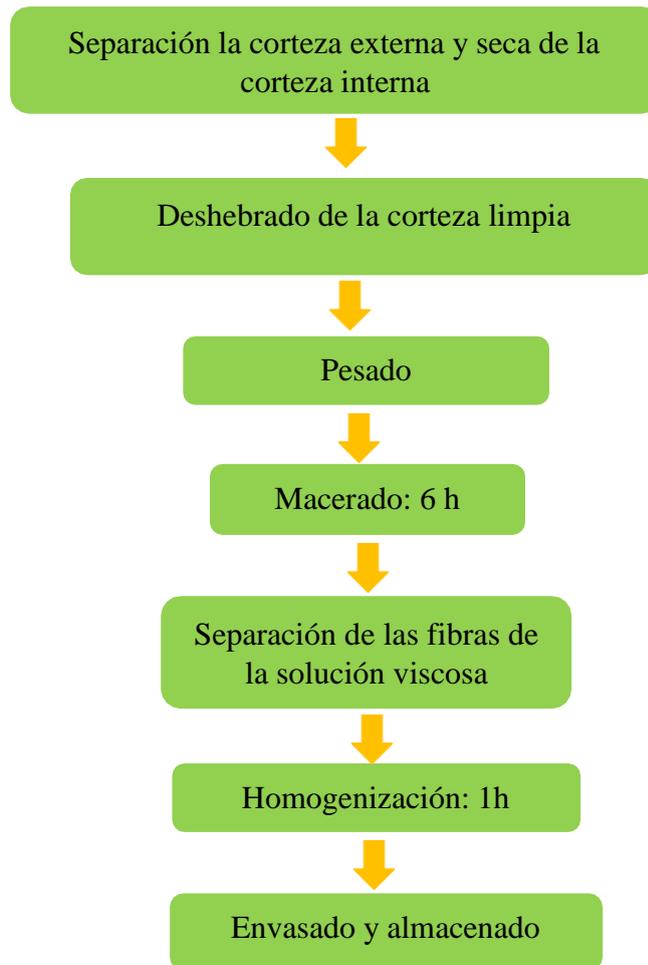


Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento de la obtención del mucílago de guácimo

3.8. Medición de pH del mucílago de guácimo

Para la medición de pH se realizó la medición directa con el equipo multiparámetro marca HANNA HI-2550, previamente calibrado en tres puntos con los Buffers HI 70004P (pH 4.01), HI 70007P (pH 7.01) y HI 70010 (pH 10.01), tomando como base la norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H⁺ B, 22nd Ed. cuyo título es método electrométrico para medir el pH.

3.9. Ensayo de test de jarras

Para la determinación de la concentración óptima que permitió disminuir el mayor porcentaje posible de color, turbiedad, STS de la muestra de agua, se utilizó el equipo test de jarras de la Empresa Prestadora de Servicio y Saneamiento Marañón “EPS Marañón”, de la localidad de Jaén.

Con el mucílago de guácimo obtenido se evaluaron concentraciones de 10, 15, 20 ml, y que permitieron remover los mayores porcentajes de remoción de turbiedad color y sólidos totales en suspensión.

Para preparar las mezclas de extracto de guácimo y policloruro de aluminio los tratamientos uno, dos y tres se consideraron concentraciones menores a 2 ml del policloruro aluminio al 2 %, con concentraciones menores a la concentración óptima de extracto de guácimo que se determinó en la, mientras que para el tratamiento cuatro se consideraron solo 2 ml de policloruro de aluminio al 2 %.

Se estandarizaron cuatro tratamientos, tratamiento uno: de 10 ml de extracto de guácimo y 0.5 de policloruro de aluminio, tratamiento dos: 8 ml de extracto de guácimo y 1.5 de policloruro de aluminio, tratamiento tres: 5 ml de extracto de guácimo y 2 ml de policloruro de aluminio y por último un blanco: 2ml de policloruro de aluminio.

El proceso de mezcla será de 1 minuto de mezcla rápida (150 RPM), 3 minutos de mezcla lenta (60 RPM) y 3 minutos de sedimentación.

3.10. Evaluación de la eficiencia de remoción de los parámetros establecidos

Tejada (2017) indica que para el cálculo de la eficiencia de remoción en los parámetros establecidos se utilizan las siguientes fórmulas:

Para la disminución del color

$$\% \text{ de remoción de color} = \left(\frac{\text{Color inicial} - \text{color final}}{\text{Color inicial}} \right) \times 100$$

Para la disminución del sólido total en suspensión

$$\% \text{ de remoción de STS} = \left(\frac{\text{STS inicial} - \text{STS final}}{\text{STS inicial}} \right) \times 100 \quad (\text{p.72})$$

Para la disminución de la turbiedad

$$\% \text{ de remoción de NTU} = \left(\frac{\text{NTU inicial} - \text{NTU final}}{\text{NTU inicial}} \right) \times 100 \quad (\text{p.70})$$

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización fisicoquímica de la muestra de agua procedente de las actividades de limpieza

Debido a que la muestra de agua provenía de las actividades de limpieza de la Universidad Nacional de Jaén las cuales son aguas turbias y con presencia de detergentes, se realizó la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de los cuales el pH, el color, la turbiedad y sólidos en suspensión son parámetros de importancia por la influencia que tienen el proceso de floculación-coagulación y son objetivo de estudio para determinar el porcentaje de remoción, determinando de esta manera que el pH de la muestra de agua se encontraba en el rango óptimo y no se necesitó adecuarlo, el color, la turbidez, y sólidos en suspensión fueron elevados (tabla 1).

Tabla 1. Ensayos realizados a la muestra de agua de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén

| Parámetro Fisicoquímico | Unidades | Resultado |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Potencial de iones hidrógeno(pH) | Unidades de pH | 7.94 |
| Conductividad eléctrica (C.E) | µS/cm | 244.20 |
| Sólidos totales disueltos (STD) | ppm STD | 121.10 |
| Cloruros | ppm Cl ⁻ | 170.06 |
| Dureza | ppm CaCO ₃ | 173.25 |
| Potasio | ppm K | 50.00 |
| Fosfatos | ppm PO ₄ ⁻³ | 189.00 |
| Nitratos | ppm NO ₃ ⁻ | 405.00 |
| Sulfatos | ppm SO ₄ ⁻² | 88.00 |
| Manganeso(Mn) | ppm Mn | < 0.0001 |
| Aluminio | ppm Al | < a la cifra detectable |
| Turbiedad | NTU | 1114.00 |
| Color | UCV-Pt-Co | 5330.00 |
| Sólidos totales en suspensión | ppm STS | 1224.00 |

4.2. Identificación botánica la especie de guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) mediante herbarios físicos y virtuales y certificado por especialista.

La especie empleada para la investigación, si corresponde a *Guazuma ulmifolia* Lam, nombrado comúnmente en la provincia de Jaén y alrededores como “Guácimo”. La certificación se observa en el Anexo 22 donde se muestra el certificado de identificación que lleva la firma del especialista en botánica Doctor Alexander Huamán Mera.

4.3. Estandarizar la concentración óptima de las soluciones del extracto de la corteza del Guácimo y el policloruro de aluminio.

Las concentraciones de 10 ml, 15 ml, 20 ml de extracto de guácimo, permitieron remover el de 69.48 %, 70.83 % y 70.65 % de turbiedad respectivamente, mientras que para color se removió 63.68 %, 65.885 % y 65.59 % respectivamente y para sólidos totales en suspensión se removió el 71.81 %, 73.28 % y 73.28 % respectivamente. Con estos resultados se consideró la menor concentración (10 ml) y se prepararon las mezclas para los tratamientos, (T 1: 10: guácimo con 0.5 ml de

policloruro de aluminio, T 2: 8 ml de extracto de guácimo con 1.5 ml de policloruro de aluminio, T 3: 5 ml de extracto de guácimo con 2 ml de policloruro de aluminio y tratamiento 4 (blanco): 2 ml de policloruro de aluminio).

4.4. Medición del color

La aplicación de los tratamientos y repeticiones respectivas demuestran que el tratamiento 1 (10 ml de extracto de guácimo + 0.5 ml de policloruro de aluminio) presenta un promedio de 43.67 UCV-Pt-Co dicho resultado es el más bajo de los tratamientos 2 y 3 en comparación con el tratamiento 4 que es un blanco (2 ml de policloruro de aluminio) presenta un promedio de 25.67 UCV-Pt-Co, y el tratamiento 2 (8ml de extracto de guácimo + 1.5 ml de policloruro de aluminio) y tratamiento 3(5 ml de extracto de guácimo + 2 ml de policloruro de aluminio) son los más altos con un promedio 1125 UCV-Pt-Co y 5330 UCV-Pt-Co respectivamente (tabla 2).

Tabla 2. Resultado de tratamientos y repeticiones de color (UCV-pt-Co)

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 42 | 1175 | 1570 | 27 |
| R ₂ | 49 | 1100 | 1395 | 26 |
| R ₃ | 40 | 1100 | 1455 | 24 |
| Promedio | 43.67 | 1125 | 1473.33 | 25.67 |

4.4.1. Porcentaje de remoción de color

Los porcentajes de remoción del parámetro color con respecto al color inicial (5330 UCV-Pt-Co), teniendo como control un blanco (tratamiento 4) que presenta un porcentaje de remoción promedio de 99.52 %, el tratamiento 1 presenta el mayor porcentaje de remoción de 99.18 % dicho tratamiento tiene la menor cantidad de policloruro de aluminio y mayor cantidad de guácimo, seguido por el tratamiento 2 el cual removi6 78.89 %, por último el tratamiento 3 que presenta el porcentaje de remoción más bajo 72.36 % (tabla 3).

Tabla 3. Porcentajes de remoción del parámetro color

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 99.21 | 77.95 | 70.54 | 99.49 |
| R ₂ | 99.08 | 79.36 | 73.83 | 99.51 |
| R ₃ | 99.25 | 79.36 | 72.70 | 99.55 |
| Promedio | 99.18 | 78.89 | 72.36 | 99.52 |

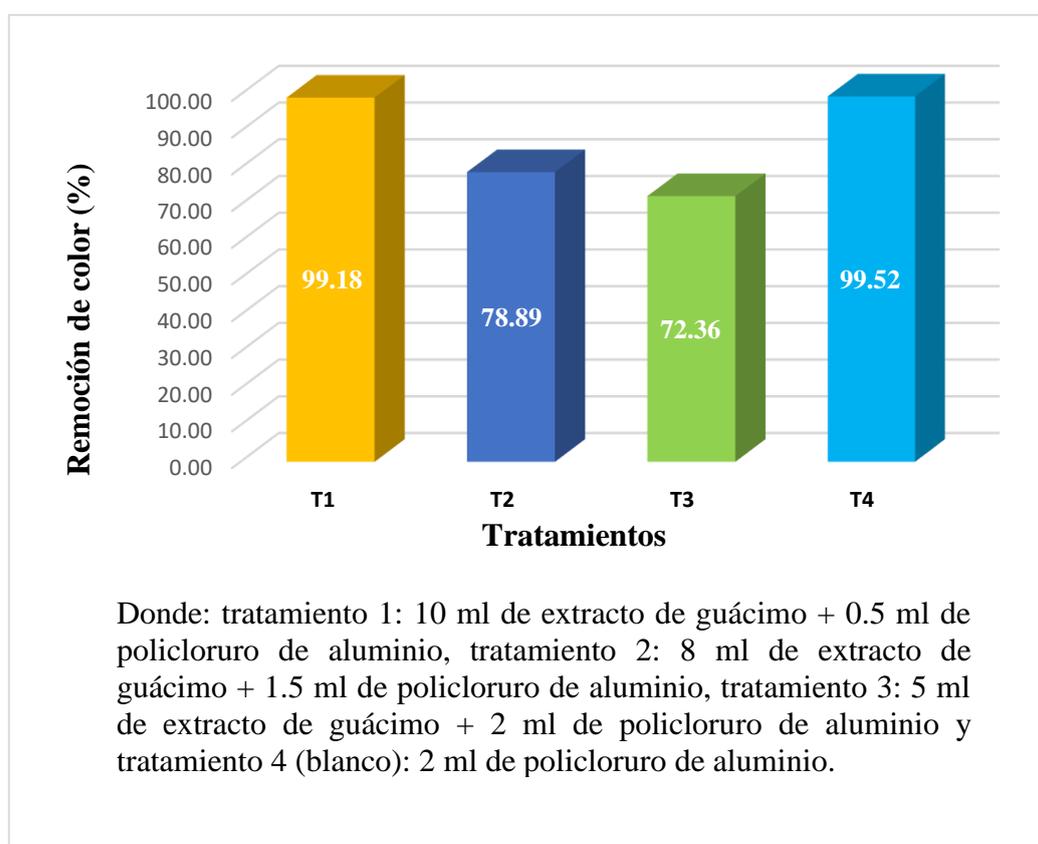


Figura 4. Porcentajes promedios de remoción de los tratamientos del parámetro color

Los tratamientos 1 y 4 presentan porcentajes de remoción superiores al 90 % a diferencia de los tratamientos 2 y 3 que presentan porcentajes de remoción por debajo del 80 %.(Fig.4)

4.4.2. Análisis de datos para el parámetro color

ANOVA de un solo factor: Porcentaje del color vs. tratamientos

| | |
|------------------------|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | Al menos una de las medias es diferente |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

En la tabla 4 presenta el análisis de varianza, donde se deduce que existe diferencia significativa entre tratamientos ya que el valor P es menor que 0.05.

Tabla 4. Análisis de varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamientos | 3 | 1752.82 | 584.275 | 674.30 | 0.000 |
| Error | 8 | 6.93 | 0.866 | | |
| | | 1759.76 | | | |
| Total | 11 | | | | |

Tabla 5. Comparación de medias, prueba de Tukey

| Tratamientos | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|--------------|---|---------|-----------|---------------------|
| 1 | 3 | 99.1800 | 0.0889 | (97.9407; 100.4193) |
| 2 | 3 | 78.890 | 0.814 | (77.651; 80.129) |
| 3 | 3 | 72.357 | 1.672 | (71.117; 73.596) |
| 4 | 3 | 99.5167 | 0.0306 | (98.2774; 100.7560) |

Desv.Est. agrupada = 0.930855

Tabla 6. Comparación de pares, prueba de Tukey a nivel de confianza de 95 %

| Tratamientos | N | Media | Agrupación |
|--------------|---|---------|------------|
| 4 | 3 | 99.5167 | A |
| 1 | 3 | 99.1800 | A |
| 2 | 3 | 78.890 | B |
| 3 | 3 | 72.357 | C |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.5. Medición de los sólidos totales en suspensión (STS)

La aplicación de los tratamientos y repeticiones respectivas demuestran que el tratamiento 4 que es un blanco (2 ml de policloruro de aluminio) presenta un promedio de 4.67 ppm, seguido del tratamiento 1 (10 ml de extracto de guácimo + 0.5 ml de policloruro de aluminio) con un promedio de 5 ppm dicho resultado es el más bajo en comparación con el tratamiento 3 (5 ml de extracto de guácimo + 2 ml de policloruro de aluminio) y el tratamiento 2 (8 ml de extracto de guácimo + 1.5 ml de policloruro de aluminio) que presentan un promedio de 336.33 y 376 ppm respectivamente, siendo el tratamiento 1 el más eficaz ya que reporta el mayor porcentaje de remoción en comparación con el tratamiento 4 (blanco). (tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes de remoción del parámetro STS

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 6 | 414 | 357 | 4 |
| R ₂ | 5 | 405 | 331 | 6 |
| R ₃ | 4 | 376 | 321 | 4 |
| Promedio | 5 | 398.33 | 336.33 | 4.67 |

4.5.1. Porcentaje de remoción de sólidos totales en suspensión

Los porcentajes de remoción del parámetro sólidos totales en suspensión con respecto al datos de sólidos totales en suspensión inicial (1224.00 ppm), teniendo como control un blanco (tratamiento 4: 2 ml de policloruro de aluminio) que presenta un porcentaje de remoción promedio de 99.62 %, el tratamiento 1 presenta el mayor porcentaje de remoción de 99.59 % dicho tratamiento tiene la menor cantidad de policloruro de aluminio y mayor cantidad de guácimo, seguido por el tratamiento 3 (5 ml de extracto de guácimo y 2 ml de policloruro de aluminio) el cual removió 72.52 %, por último el tratamiento 2 (8 ml de extracto de guácimo y 1.5 ml de policloruro de aluminio) que presenta el porcentaje de remoción más bajo 67.46 % (tabla 8).

Tabla 8. Porcentajes de remoción de los tratamientos y repeticiones del parámetro STS

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 99.51 | 66.18 | 70.83 | 99.67 |
| R ₂ | 99.59 | 66.91 | 72.96 | 99.51 |
| R ₃ | 99.67 | 69.28 | 73.77 | 99.67 |
| Promedio | 99.59 | 67.46 | 72.52 | 99.62 |

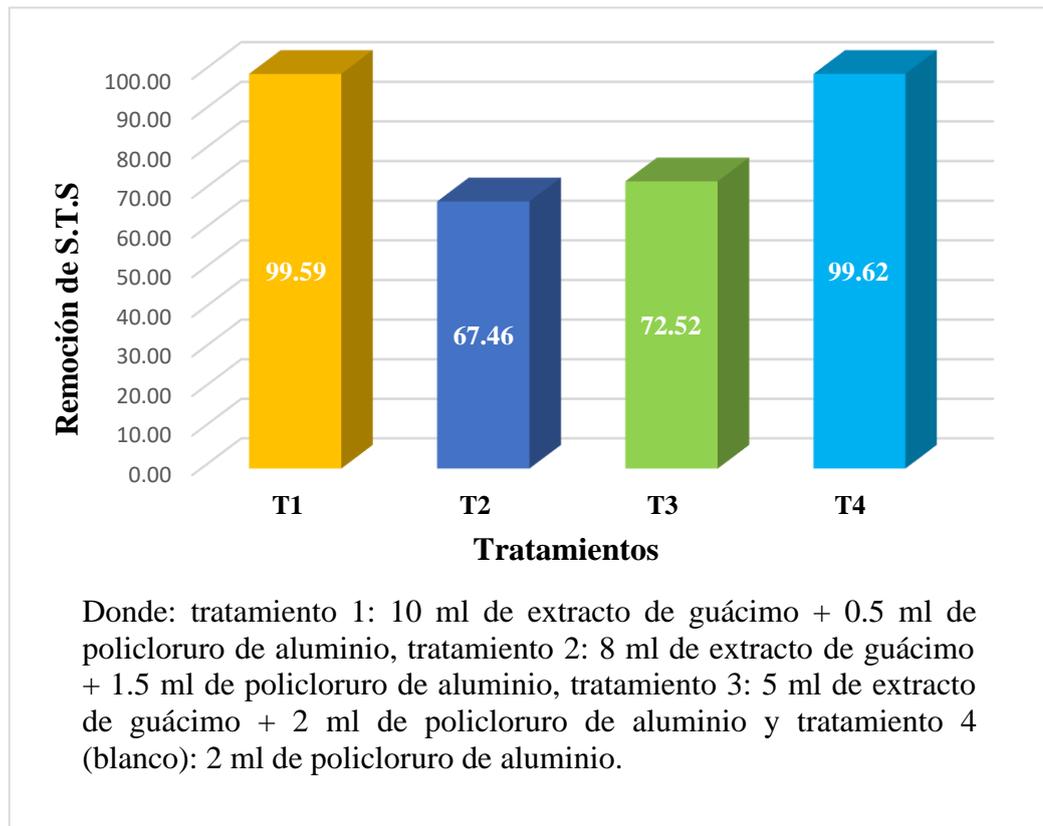


Figura 5. Porcentajes promedios de remoción de los tratamientos del parámetro STS

Los tratamientos 1 y 4 presentan porcentajes de remoción superiores al 90 % a diferencia de los tratamientos 2 y 3 que presentan porcentajes de remoción por debajo del 75 %.(Fig.5)

4.5.2. Análisis de varianza para el parámetro Sólidos totales en suspensión

ANOVA de un solo factor: Remoción de solidos suspendidos vs. dosis

| | |
|------------------------|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | Al menos una de las medias es diferente |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

En la tabla 9 presenta el análisis de varianza, donde se deduce que existe diferencia significativa entre tratamientos ya que el valor P es menor que 0.05.

Tabla 9. Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamientos | 3 | 2669.60 | 889.867 | 719.42 | 0.000 |
| Error | 8 | 9.90 | 1.237 | | |
| Total | 11 | 2679.50 | | | |

Tabla 10. Comparación de medias, prueba de Tukey

| Tratamiento | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-------------|---|---------|-----------|---------------------|
| 1 | 3 | 99.5900 | 0.0800 | (98.1093; 101.0707) |
| 2 | 3 | 67.457 | 1.621 | (65.976; 68.937) |
| 3 | 3 | 72.520 | 1.519 | (71.039; 74.001) |
| 4 | 3 | 99.6167 | 0.0924 | (98.1360; 101.0974) |

Desv.Est. agrupada = 1.11217

Tabla 11. Comparación de medias, prueba de Tukey al nivel de confianza de 95 %

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|-------------|---|---------|------------|
| 4 | 3 | 99.6167 | A |
| 1 | 3 | 99.5900 | A |
| 3 | 3 | 72.520 | B |
| 2 | 3 | 67.457 | C |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

4.6. Medición de la turbiedad

Los reportes luego de la aplicación de los tratamientos y repeticiones respectivas una vez más demuestran que el tratamiento 4 que es un blanco (2 ml de policloruro de aluminio) presenta un promedio de 1.47 NTU , seguido del tratamiento 1 (10 ml de extracto de guácimo + 0.5 ml de policloruro de aluminio) con un promedio de 4.13 NTU dicho resultado es el más bajo en comparación con el tratamiento 3(5 ml de extracto de guácimo + 2 ml de policloruro de aluminio) y el tratamiento 2 (8ml de extracto de guácimo + 1.5 ml de policloruro de aluminio) que presentan un promedio de 405 y 491.33 NTU respectivamente (tabla 12).

Tabla 12. Turbiedades finales de los tratamientos y repeticiones (NTU)

| Repeticiones - | Tratamientos | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 3.2 | 523 | 427 | 1.5 |
| R ₂ | 4.94 | 490 | 406 | 1.4 |
| R ₃ | 4.25 | 461 | 382 | 1.5 |
| Promedio | 4.13 | 491.33 | 405 | 1.47 |

4.6.1. Porcentaje de remoción de la turbiedad

Los porcentajes de remoción del parámetro turbiedad con respecto al datos de turbiedad inicial (1 114 NTU), teniendo como control un blanco (tratamiento 4) que presenta un porcentaje de remoción promedio de 99.87 %, el tratamiento 1 presenta el mayor porcentaje de remoción de 99.63 % dicho tratamiento tiene la menor cantidad de policloruro de aluminio y mayor cantidad de guácimo, seguido por el tratamiento 3 (5 ml de extracto de guácimo y 2 ml de policloruro de aluminio) el cual removi6 63.65 %, por último el tratamiento 2 (8 ml de extracto de guácimo y 1.5 ml de policloruro de aluminio) que presenta el porcentaje de remoción más bajo 55.89 % (tabla 8).

Tabla 13. Porcentaje de remoción de turbiedad

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 99.71 | 53.05 | 61.67 | 99.87 |
| R ₂ | 99.56 | 56.01 | 63.56 | 99.87 |
| R ₃ | 99.62 | 58.62 | 65.71 | 99.87 |
| Promedio | 99.63 | 55.89 | 63.65 | 99.87 |

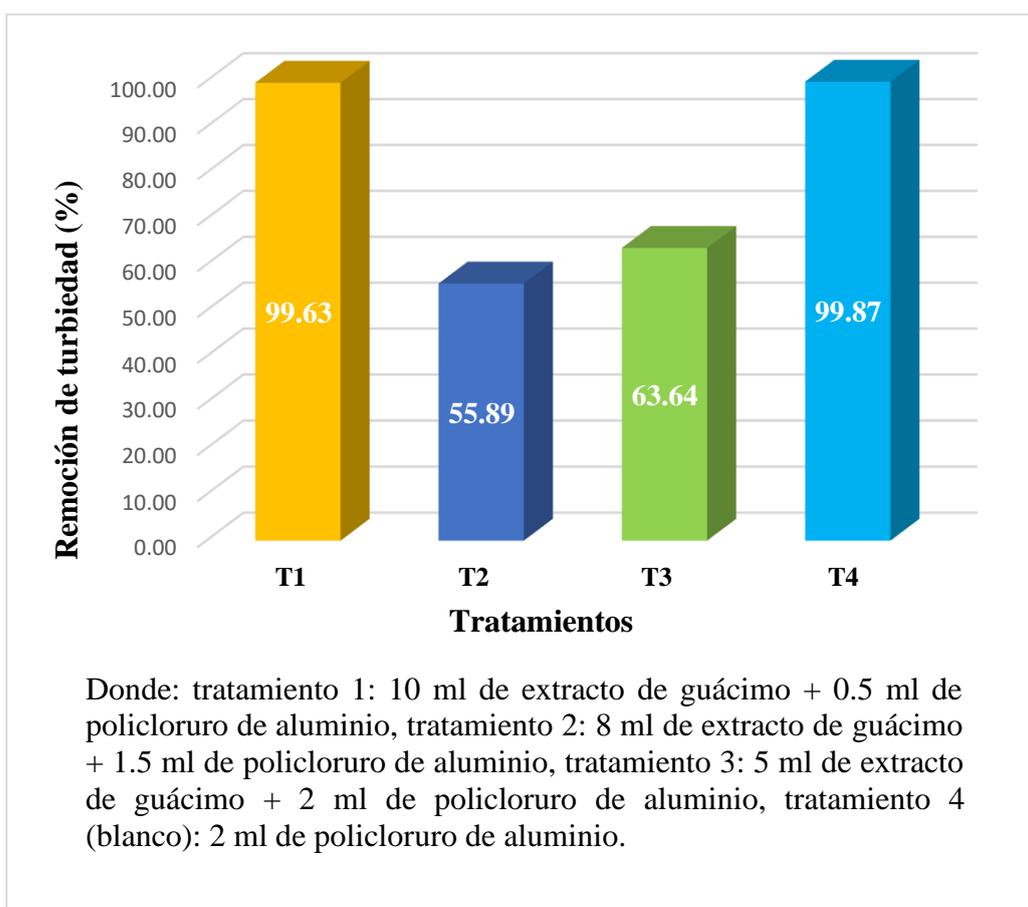


Figura 6. Porcentaje promedios de remoción de los tratamientos del parámetro turbiedad

Los tratamientos 1 y 4 presentan porcentajes de remoción superiores al 90 % a diferencia de los tratamientos 2 y 3 que presentan porcentajes de remoción por debajo del 65 %. (Fig.6)

4.6.2. Análisis de varianza del parámetro de turbiedad

ANOVA de un solo factor: Remoción de turbiedad vs. Dosis

Método

| | |
|------------------------|---|
| Hipótesis nula | Todas las medias son iguales |
| Hipótesis alterna | Al menos una de las medias es diferente |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0.05$ |

En la tabla 14 presenta el análisis de varianza, donde se deduce que existe diferencia significativa entre tratamientos ya que el valor P es menor que 0.05.

Tabla 14. Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamiento | 3 | 4885.58 | 1628.53 | 549.32 | 0.000 |
| Error | 8 | 23.72 | 2.96 | | |
| Total | 11 | 4909.29 | | | |

Tabla 15. Comparación de medias, prueba de Tukey

| Tratamiento | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-------------|---|---------|-----------|---------------------|
| 1 | 3 | 99.6310 | 0.0771 | (97.3386; 101.9234) |
| 2 | 3 | 55.89 | 2.79 | (53.60; 58.19) |
| 3 | 3 | 63.65 | 2.02 | (61.35; 65.94) |
| 4 | 3 | 99.87 | 0.00 | (97.58; 102.16) |

Desv.Est. agrupada = 1.72180

Tabla 16. Comparación de pares, prueba de Tukey a nivel de confianza de 95 %

| Tratamiento | N | Media | Agrupación |
|-------------|---|-------|------------|
| 4 | 3 | 99.87 | A |
| 1 | 3 | 99.63 | A |
| 3 | 3 | 63.65 | B |
| 2 | 3 | 55.89 | C |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

V. DISCUSIÓN

Según la caracterización fisicoquímica, realizada a la muestra de agua proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén, el pH es de naturaleza alcalina (7.94), es ligeramente dura (173.25 ppm CaCO_3), elevada en fosfatos (189 ppm PO_4^{3-}), nitratos (405 ppm NO_3^-) y sulfatos (88 ppm SO_4^{2-}), esto se debió al contenido de agentes tensoactivos propios del producto de limpieza (poet). Barrenechea (2014) afirma que, los agentes tensoactivos al tener contacto con el agua pueden dispersar las sustancias insolubles, debido a la disminución de la tensión superficial del agua y pueden interferir en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

El pH de la muestra de agua se encontró en un rango adecuado para que actúe la mezcla de policloruro de aluminio y extracto de guácimo. Al respecto Díaz (2014) señala que el rango óptimo del pH para que las sales de aluminio desarrollen actividades coagulantes – floculantes es de 6.5 – 8.0 y los coagulantes provenientes de especies vegetales actúan en el rango es de 6.5 – 8.5. Velasco et al. (s.f), afirma que con mezclas dosificadas de sulfato de aluminio y almidón de yuca, a un pH de 5, se obtuvo la remoción de 80 % de turbiedad y 82 % de sólidos totales suspendidos.

Shahriari et ál. (2012), trataron aguas con elevada turbiedad, a un pH 7 y con dosis de 10 mg/L de FeCl_3 y 0,2 mg/L de extracto de mucilago proveniente de *Plantago ovata*, logró remover 94.1%, 94.5% y 88.2 % en turbiedades altas, medias y bajas, respectivamente y para dosis de 10 mg/L de FeCl_3 y 0,2 mg/L de almidón, para turbiedades alta, media y baja logró remover 92.4%, 86.5% y 83.8 % respectivamente. (López et ál. 2020), reporta resultados de porcentajes de remoción de turbiedad de 95.8 %, empleando coagulante de natural de *Guazuma ulmifolia* Lam. en aguas residuales de lácteos con dosis de 7,775.8 mg L⁻¹ y pH de 5.

Lèdo et ál. (2009), sostiene que, el mucílago de *Moringa oleífera*, presenta un porcentaje de remoción de 88 % de turbiedad con una dosis de 50 mg/L a un pH de 8, concluyendo así que el coagulante natural ayuda a desestabilizar las cargas y logra disminuir la potencial zeta el cual permite la formación de floc.

Los especímenes recolectados de los individuos empleados, en la investigación, corresponden a *Guazuma ulmifolia* Lam, perteneciente a la familia Malvaceae. La cual cumple con todas las características descritas por Mostacero y Mejía (2002), tallo irregular y fisurado, ramas extendidas, hojas aserradas y frutos de color verde y negro cuando alcanzan su madurez. Además también coincidieron estas características con los herbarios virtuales realizados de la información taxonómica con la Base de datos trópicos (www.tropicos.com). Anexo 16.

El mucílago del guácimo, se obtuvo de las ramas jóvenes. Los mucílagos y otros extractivos son productos de la secreción los canales gomíferos; estas sustancias adquieren importancia en la regeneración de los tejidos. (León y Espinoza, 2001, p.152). Así mismo, Mejía et ál (2020), en su investigación extrajeron el mucílago de guarumbo (*Cecropia peltata*) de la corteza del tallo y raíces de las plantas jóvenes.

Las concentraciones de 10, 15 y 20 ml de extracto de guácimo, permitieron remover el de 69.48 %, 70.83 % y 70.65 % de turbiedad respectivamente, mientras que para color se removió 63.68 %, 65.885 % y 65.59 % respectivamente y para sólidos totales en suspensión se removió el 71.81 %, 73.28 % y 73.28 % respectivamente. Con estos resultados se consideró la menor concentración (10 ml) y se prepararon las mezclas para los tratamientos, (T 1: 10: guácimo con 0.5 ml de policloruro de aluminio, T 2: 8 ml de extracto de guácimo con 1.5 ml de policloruro de aluminio, T 3: 5 ml de extracto de guácimo con 2 ml de policloruro de aluminio y tratamiento 4 (blanco): 2 ml de policloruro de aluminio). Solís et ál (2012), estandarizaron las mezclas de sulfato de aluminio y almidón de yuca evaluando las dosis óptimas de sulfato de aluminio con 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L de sulfato de aluminio, determinando que la dosis óptima para la remoción de color y turbiedad fue la de 30 mg/L.

Para la remoción del color, se observa que el mejor tratamiento fue el 1 (tabla 3, fig.4), con un porcentaje de remoción del 99.18%, el cual emplea la mayor cantidad de mucilago frente a la menor cantidad de policloruro de aluminio. El efecto de remoción se debe a que el mucilago presenta naturaleza dieléctrica, la cual logra desestabilizar las cargas de

las partículas suspendidas en la muestra agua de esta manera se neutralizan las cargas eléctricas de la superficie de las partículas. El mucílago es un polímero que ayuda a desestabilizar las cargas, debido a que las moléculas de este contienen grupos funcionales que interactúan con la superficie de las partículas suspendidas, forman complejos partícula-polímero-partícula, de esta manera el polímero sirve como un puente electrostático de atracción. Sánchez y Untivieros (2004).

Para la remoción de los sólidos totales suspendidos, el mejor tratamiento fue el primero (tabla 8, fig.5), ya que la relación entre la propiedad del color, turbiedad y los sólidos totales en suspensión es de relación directa. El agua proveniente de la limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén contiene sólidos suspendidos, estos son de naturaleza arcillosa, su tamaño de partícula es menor a 0.002 mm. Según Seoánez (1999) estas partículas poseen carga superficial, generalmente negativa, debido a un efecto llamado adsorción preferencial de iones, en este caso iones positivos, pero a causa de la atracción electrostática, alrededor de la partícula habrá una acumulación de iones negativos del exterior. Parte de estos iones negativos tienden a formar una segunda capa que permanece adherida a la partícula, la capa negativa difusa y la capa positiva constituyen la doble capa de Helmholtz. Estos iones forman enlaces con las moléculas orgánicas complejas del mucilago, generalmente polímeros heteropolisacáridos. Esta es una razón por la cual las arcillas contenidas en los sólidos totales suspendidos forman flocs con el polímero mucilaginoso, facilitando el proceso de sedimentación sólido líquido debido al incremento de su peso molecular.

Para la remoción de la turbiedad, el mejor tratamiento coincidió con el primero (tabla 13, fig.6), logrando remover el 99.63%. Romero (2009) manifiesta que, el proceso de coagulación desestabiliza los coloides eliminando las dobles capas eléctricas que rodean las partículas, disminuyendo así la potencial zeta, dando lugar a la formación de pequeños núcleos. Valeriano y Matos, manifiestan que la goma de tara y algunos compuestos mucilaginosos son excelentes coadyuvantes para el sulfato de aluminio en los procesos de coagulación-floculación, la mezcla de ambos remueve la turbiedad hasta un 63.3 % en muestras de agua de turbiedad alta (400 NTU) y 56 % en muestras de agua de turbiedad baja (30 NTU) reduciendo la dosis de sulfato de aluminio en un 40 %.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La especie empleada para la investigación, si corresponde a *Guazuma ulmifolia* Lam, perteneciente a la familia de las Malvaceae.

Para la extracción de mucílago de guácimo se obtuvo mucílago de las cortezas de las ramas jóvenes y las cortezas del fuste obtuvieron otros compuestos no identificados.

La muestra de agua presenta las siguientes características: conductividad eléctrica = 244.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y pH = 7.94, dureza = 173.25 ppm de CaCO_3 , cloruros = 170.06 ppm, fosfatos = 189 ppm, nitratos = 405 ppm, sulfatos = 88 ppm, sólidos totales disueltos (STD) = 121.1 ppm, potasio = 50 ppm, manganeso = < 0.0001 ppm, aluminio = $<$ a la cifra detectable, turbiedad = 1114 NTU, Color 5330 UCV-pt-Co, sólidos totales en suspensión (STS) = 1224 ppm , por el motivo que era una muestra de agua contenía altas concentraciones de detergente (poet).

El tratamiento que logró remover mayores porcentajes de turbiedad, color y STS fue tratamiento 1, con el cual se removió 99.18 % de color, 99.59 % de STS y 99.63 % de turbiedad, resultados estadísticamente iguales al tratamiento 4 (blanco) con el que se removió 99.52 % de color, 99.62 % de STS y 99.87 % de turbiedad.

El mucilago de guácimo al estar compuesto por polisacáridos heterogéneos de alto peso molecular, es buen un coayudante en los procesos de coagulación floculación ya que ayuda a reducir la cantidad de policloruro de aluminio referenciada a la cantidad normal que se empleó en el tratamiento 4 (blanco).

6.2. Recomendaciones

Para la obtención del mucílago extraer corteza de las ramas más jóvenes del individuo ya que si se saca del fuste o ramas muy maduras se obtendrá otros compuestos o otras sustancias.

Realizar un estudio microscópico de la anatomía de la corteza de Guácimo, con la finalidad de estudiar la distribución de los conductos secretores de las ramas jóvenes y ramas adultas, fuste de dicha especie.

Evaluar las mezclas de mucílago de Guácimo y policloruro de aluminio en aguas con diferentes turbiedades y a diferentes pH.

Evaluar la eficiencia de remoción de color, sólidos en suspensión y turbiedad con el mucílago de guácimo empleando en su extracción otras sales neutras como el cloruro de potasio (KCl) y cloruro de calcio (CaCl₂)

Extraer el mucílago de la corteza con diferentes disolventes a diferentes concentraciones (p/v) y realizar pruebas reológicas

Realizar una caracterización del mucílago de la corteza de guácimo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AWWA-WEF. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.). (L. Clesceri, A. Greenberg, & A. Eaton, Edits.) USA.
- Aguirre, S.E., Piraneque, V.N., Cruz, R.K. (2018). Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 29 (3), 59-70.
- Barrenechea, A. (2004). Coagulación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Organización Panamericana de la Salud. (CEPIS/OPS)
- Castañeda. C.A.P, Zavaleta. G N. E y Siche. R. (2019). Optimización del proceso de extracción del mucílago de *Linum usitatissimum* utilizando un diseño secuencial. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 19-28.
- Choque, Q.D., et al. (2020). Optimización de la capacidad floculante de coagulantes naturales en tratamiento de aguas, *DYNA* 87(212), 90-95
- Díaz C. J. N. (2014). Coagulantes-floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán. San Pedro Sula Cortés.
- Dirección General de Salud Ambiental (2015). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*. Lima.
- Feria, D.J.J., Bermúdez, R. S. y Estrada, T.A.M. (2014). Moringa oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + Limpia*, 9 (1), 9-22.
- Feria D. J. J., Rodiño A. J. P. y Gutiérrez, R. G. E. (2016). Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (78), 119-128.

- Fuentes, M.N., Molina, R.J.E., Velasco, A.P. (2016). Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 11(2), 41-54.
- Fuentes, S.L., Mendoza, S.I.A., Lòpez, M.A.M., Castro, V.M.F. y Urdaneta, M.C.J. (2011). Efectividad de un coagulante extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. en la potabilización del agua. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 34(1), 1-8.
- Guzmán, L., Villadona, A., Tapia, C., García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Actualidad y divulgación científica*, 16 (1), 253-262.
- Kopytko, M.I., Rueda, V.E.P., Rincón, P.Y. (2014). Application of Natural Product (Aloe Vera) in Coagulation-Flocculation Procedures, for Water Treatability Study. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 3(3).
- Leòn, H.W. J y Espinoza, P.N. (2001). Anatomía de la madera. Consejo de desarrollo científico, humanístico y tecnológico y Consejo de publicaciones de la Universidad de los Andes.
- Lèdo, S.P.G., Lima, S.R.F., Paulo, A.J.B., Duarte, C.M.A. (2009). Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleífera* para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información tecnológica*, 20 (5), 3-12.
- López, L. S., Matias, C. C. A., Matias, P. D. y García, M. J. A. (2017). Vegetable coagulants as alternative for treatment of wastewater in Mexico. *JOURNAL of negative & no positive results*, 2 (12), 687-694.
- Lopez, M. G., Fonseca, S.C.T., Carraro, B. A. (2020). Assessment and optimization of the use of a novel natural coagulant (*Guazuma ulmifolia*) for dairy wastewater treatment. *Science of the total environment*, 744.
- Marcelo, P. J. L., Pennington, R. T., Reynel, C. y Zeballos, P. (2010). Guía ilustrada de la flora leñosa de los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú.
- Martínez G. J. y González S.L. E. (2012). Evaluación del poder coagulante de la tuna (*opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. (Tesis pregrado). Universidad de Cartagena. Cartagena De Indias D.T. Y C.

- Mejía et ál (2020). Extracción y caracterización del mucílago de la malva común (*Malva sylvestris*) y del guarumbo (*Cecropia peltata*) para realizar ensayos en la formulación de espumante para la remoción de oro nativo en la minería artesanal. *Conciencia digital*, 3(12), 92-103.
- Mostacero. F, Mejía. O, Gamarra. (2002), Taxonomía des fanerógamas útiles del Perú. Volumen 1. Editorial Norma –Trujillo-Perú.
- Peixoto A.L. y Maia L.C. (2013). Manual de procedimientos para Herbarios. INCT Herbário Virtual da Flora y dos Fungos. Editora Universitaria, UFPE. 53.
- Parra, Y.et ál (2011). Clarificación de aguas de alta turbiedad empleando mucílago de opuntia wentiana (Britton & Rose) /cactaceae. *Redieluz*.1 (1), 27-23.
- Ramírez, A. H. y Jaramillo, P. J. (2015). Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Facultad de ciencias básicas*, 11 (2), 136-153.
- Romero, J. A. (2009). Calidad del agua. (3ª Ed). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- García, V. y Martí, M. (2017) operaciones básicas en la industria química. Editorial Síntesis.
- Martínez, D., Chávez, M., Díaz, A., Chacín, E., Fernández, N. (2013). Eficiencia del *Cactus lefaria* para su uso como coagulante en la clarificación de aguas. *Revista técnica de la Universidad de Zulia*, 26 (1).
- Sánchez, F.S.A. y Untivieros, B.G. (2004). Determinación de la actividad floculante de la pectina en soluciones de Hierro (III) y Cromo (III). *Sociedad Química del Perú (SQP)*, 70 (4), 201-208).
- Seoáñez, C. M. (1999). Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión. Ediciones Mundi-Prensa.
- Shahriari, T., Nabi Bidhendi, G., Shahriari, S. (2012). Evaluación de la eficiencia de *Plantago Ovata* y almidón en la eliminación de turbidez del agua. *Revista Internacional de Investigación Ambiental*, 6 (1), 259-264.
- Solís S.R., Laines C.J.R. y Hernández B.J.R. (2012) Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(3), 229-236).

- Tejada M.R. (2017) Tratamiento y sedimentación de la turbidez con cal en las aguas residuales de los relaves mineros de la unidad operativa minera Santiago – b. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Antiplano.Puno-Perú.
- Valeriano, M.J.J., Matos, C.R.A. (2019). Ayudante en el proceso de coagulación-floculación para la remoción de turbidez de una suspensión artificial de bentonita. *Información tecnológica*, 30 (5), 299-208.
- Vera S.A. P. y Manzaba I. M. R. (2019). Efecto de la relación pulpa - mucílago de melón amargo (*Momordica charantia*) en la concentración final de una leche fermentada. (Tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Velasco, P. M., Beltrán, V.M., Gutiérrez, A.K.P. y González, A.A. (S/F). Coagulantes naturales como coadyuvantes en la clarificación de agua residual. *AIDIS*.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por permitirme llegar hasta donde he logrado llegar, porque a pesar de los momentos difíciles me permite estar al lado de mis seres queridos.

A mis asesores Mg. Jorge Antonio Delgado Soto y Dr. Alexander Huamán Mera, fue un honor haber contado con su apoyo en la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Jaén, a los docentes de la Carrera profesional de Ingeniería forestal y ambiental, por haber contribuido en mi formación profesional.

A la empresa prestadora de servicio y saneamiento EPS Marañón, por permitirme la accesibilidad de su laboratorio.

Agradecer también al personal de servicio de limpieza de la Universidad Nacional de Jaén, por el apoyo brindado durante la etapa de ejecución de la presente investigación.

DEDICATORIA

A mi adorada madre Reyna Isabel Sosa Pachamora, que me apoyó, me acompañó incondicionalmente durante toda mi formación profesional, ella que con tanto sacrificio y dedicación me brindó su apoyo para concluir mis estudios, agradecerle por todos sus consejos y por enseñarme que a pesar de cualquier obstáculo no debo rendirme y debo salir adelante, por los valores que me inculcó, por eso y tantas cosas más, con todo mi amor se lo dedico a ella, te amo madre mía.

A mis abuelitos Selsa y Bernardo, a mis hermanos Sandra, Darwin, Fiorela y Esmeralda, a mis pequeños sobrinitos, Kattalaya, Luhanita, Arianita, Mathiews y Andersito, a mi abuelita Digna que desde el cielo guía mis pasos.

A mi novio Ehitel por acompañarme y apoyarme siempre, a mis amistades que les guardo un profundo cariño a ustedes señora Hirmita, señor Fermín, Denni, Nidian, Mirla por todo su apoyo y motivación.

ANEXO



Anexo 1. Extracción de la corteza de Guácimo



Anexo 2. Corteza de Guácimo extraída



Anexo 3. Desfibrado de las cortezas de Guáximo



Anexo 4. Pesado de las fibras de corteza de Guáximo



Anexo 5. Macerado de las cortezas de Guáximo



Anexo 6. Mucílago extraído de la corteza de Guáximo



Anexo 7. Centrifugado del mucílago de Guácimo



Anexo 8. Medición de pH del mucílago de Guácimo



Anexo 9. Macerado de las cortezas del fuste del Guácimo



Anexo 10. Obtención de la muestra de agua



Anexo 11. Obtención de la muestra agua



Anexo 12. Selección de las ramas de Guáximo para la elaboración de escicatas



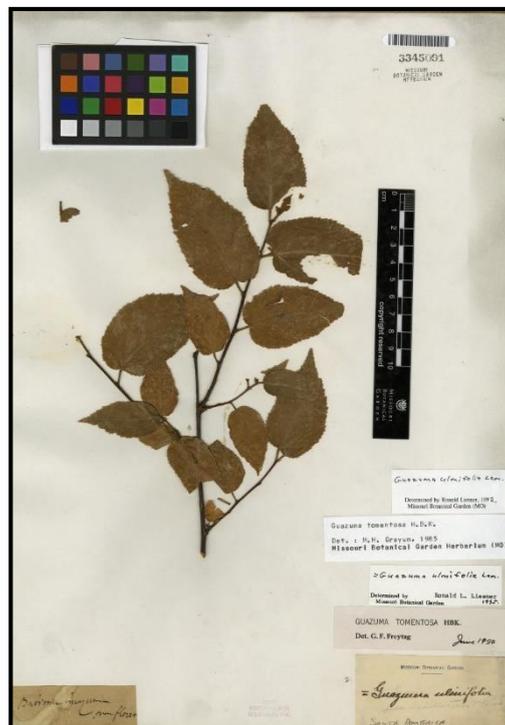
Anexo 13. Colecta de muestra para la elaboración de escicatas.



Anexo 14. Secado de las muestras de las ramas de Guáximo para la elaboración de las escicatas



Anexo 15. Etapa de montaje y etiquetado de las esciatas



Anexo 16. Esciata virtual obtenida de la base de datos Trópicos



Anexo 17. Prueba de jarras de los diferentes tratamientos y repeticiones



Anexo 18. Prueba de jarras en la etapa de sedimentación de los diferentes tratamientos y repeticiones

INFORME DE ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL

OIKOSLAB SAC-2020

Solicitante : Bach. Guisela Milagros Marcelo Sosa

Fecha de Recepción : 20 de Junio 2020

Muestra proporcionada al laboratorio por la solicitante

Proyecto de Tesis:

"SOLUCIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO DE GLÁCIMO (*Guzonme adenifolia* Lam) Y POLICLORURO DE ALUMINIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LAS OFICINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN."

I.- Datos de la muestra

Tipo de muestra : Agua residual proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén

II. Resultados

| Parámetros Físicoquímicos y Químicos | Unidades | Resultados | Protocolo |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| Aluminio | ppmAl | < a la cifra detectable | Lectura directa por fotocolorimetría utilizando el equipo Hach DR-900 previa incorporación del reactivo Acido Ascórbico y Alaver. |
| Color | UCV-PC-Co | 3,300.00 | Norma: SMEWW - Ed.20 (21.20C) modificado |
| Conductividad Eléctrica a 25 °C | µS/cm. | 244.20 | Norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 22nd Ed. (Incluye Muestreo) Tinto Conductivity Laboratory Method |
| Cloruro | ppm.Cl | 170.06 | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-ClB, 22nd Ed. (Incluye muestreo) Tinto: Chloride Argentometric Method. Método de Mbor |
| Dureza | ppm CaCO ₃ | 173.25 | SMEWW - APHA - AWWA - WEF Part 2340 B, 22nd Ed. Tinto: Hardness. Hardness by Calculation |



Guisela Milagros Marcelo Sosa
Ing. RESPONSABLE
C.R. 58757

Anexo 19. Informe de ensayo de caracterización de la muestra de agua

Continúa.



| | | | |
|-------------------------------|-----------------|----------|---|
| Fosfatos | ppm PO_4^{3-} | 189.00 | Método adaptado del Método urto ácido del Método Estándar, para el análisis de aguas y aguas residuales 18 edición. La reacción entre el fósforo y los reactivos causa una coloración azul en la muestra. |
| Manganeso | ppm Mn | < 0.0001 | Lectura directa del equipo Hach DR-900 previa incorporación de 2 reactivos: buffer de tipo citrato de polvo (ácido cítrico, sulfato de sodio, fosfato de sodio y dibásico), y peróxido de sodio. |
| Nitratos | ppm NO_3^- | 405.00 | Adaptación del método de reducción por Cadmio. La reacción entre el nitrógeno y el nitro origina una coloración ámbar en la muestra. |
| Potencial de Iones Hidrógeno | Unidades de pH | 7.94 | SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 4500-H ⁺ B, 22nd Ed. (Incluye muestra). Título: pH Value. Electrometric Method. |
| Potasio | ppm K | 50.00 | Adaptación del método turbidimétrico del tetraetilborato. |
| Sulfatos | ppm SO_4^{2-} | 88.00 | Norma SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 4500-SO ₄ ²⁻ E, 22nd Ed. Sulfate. Título: Turbidimetric Method NTP 339.178 |
| Sólidos Totales disueltos | ppm STD | 121.1 | Medición directa con el equipo multiparametro marca HANNA HI-2590 |
| Sólidos totales en suspensión | ppm STS | 1224.00 | NTP 214.039.2015 |
| Turbiedad | NTU | 1.114.00 | SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 2130 B, 22nd Ed Turbidity. Título: Nephelometric Method. |



Sergio Alvarado Soto
CIP. 56781

DIKOSLAB

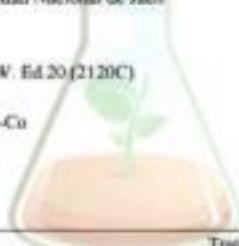
Ped. José Pedro N° 113 - Maipo, Sector Alto - Judo
Tel. 970911920
E: pedro.4@notmail.com

INFORME DE ENSAYO DE AGUA RESIDUAL-OIKOSLAB SAC-2020

Solicitante : Bach. Guisela Milagros Marcelo Sosa.
 Fecha de Recepción : 20 de Junio del 2020
 Muestra proporcionada al laboratorio por la solicitante
 Proyecto de Tesis:
 "SOLUCIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO DE GUÁCIMO (*Coussapea albifolia* Lam) Y POLICLORURO DE ALUMINIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LAS OFICINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN."

I.- Descripción

Tipo de muestra : Agua residual proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén
 Parámetro ensayado : Color
 Norma empleada : SMEWW, Ed 20 (2120C)
 Unidades : UCV-Pt-Co



| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 42 | 1175 | 1570 | 27 |
| R ₂ | 49 | 1100 | 1395 | 26 |
| R ₃ | 40 | 1100 | 1455 | 24 |



Guisela Milagros Marcelo Sosa
 Ing. Responsable
 CIR 38197

Anexo 20. Informe de ensayo para el parámetro color postratamiento



Anexo 21. Informe de ensayo para el parámetro Sólidos totales suspendidos postratamiento



INFORME DE ENSAYO DE AGUA RESIDUAL-OIKOSLAB SAC-2020

Solicitante: Bach. Guisela Milagros Marcelo Sosa.
 Fecha de Recepción: 20 de Junio del 2020
 Muestra proporcionada al laboratorio por la solicitante
 Proyecto de Tesis:
 "SOLUCIÓN ÓPTIMA DE EXTRACTO DE GUÁCIMO (*Guazuma ulmifolia* Lam) Y POLICLORURO DE ALUMINIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS PROVENIENTES DE LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LAS OFICINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN."

I.- Descripción

Tipo de muestra: Agua residual proveniente de las actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén.
 Parámetro ensayado: Turbiedad.
 Norma empleada: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22nd Ed Turbidity. Title: Nephelometric Method.
 Unidades: Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU)

II.- Resultados

| Repeticiones | Tratamientos | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| R ₁ | 3.20 | 523 | 427 | 1.50 |
| R ₂ | 4.94 | 490 | 406 | 1.40 |
| R ₃ | 4.25 | 461 | 382 | 1.50 |


 Jose A. Delgado Soto
 Ing. Responsable
 CIP. 56797



Calle: San Pedro N°113 - Huerto Siles Alto - Jaén
 Cel. 970911920
 E: jaen14@hotmail.com

Anexo 22. Informe de ensayo para el parámetro turbiedad postratamiento



CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIE



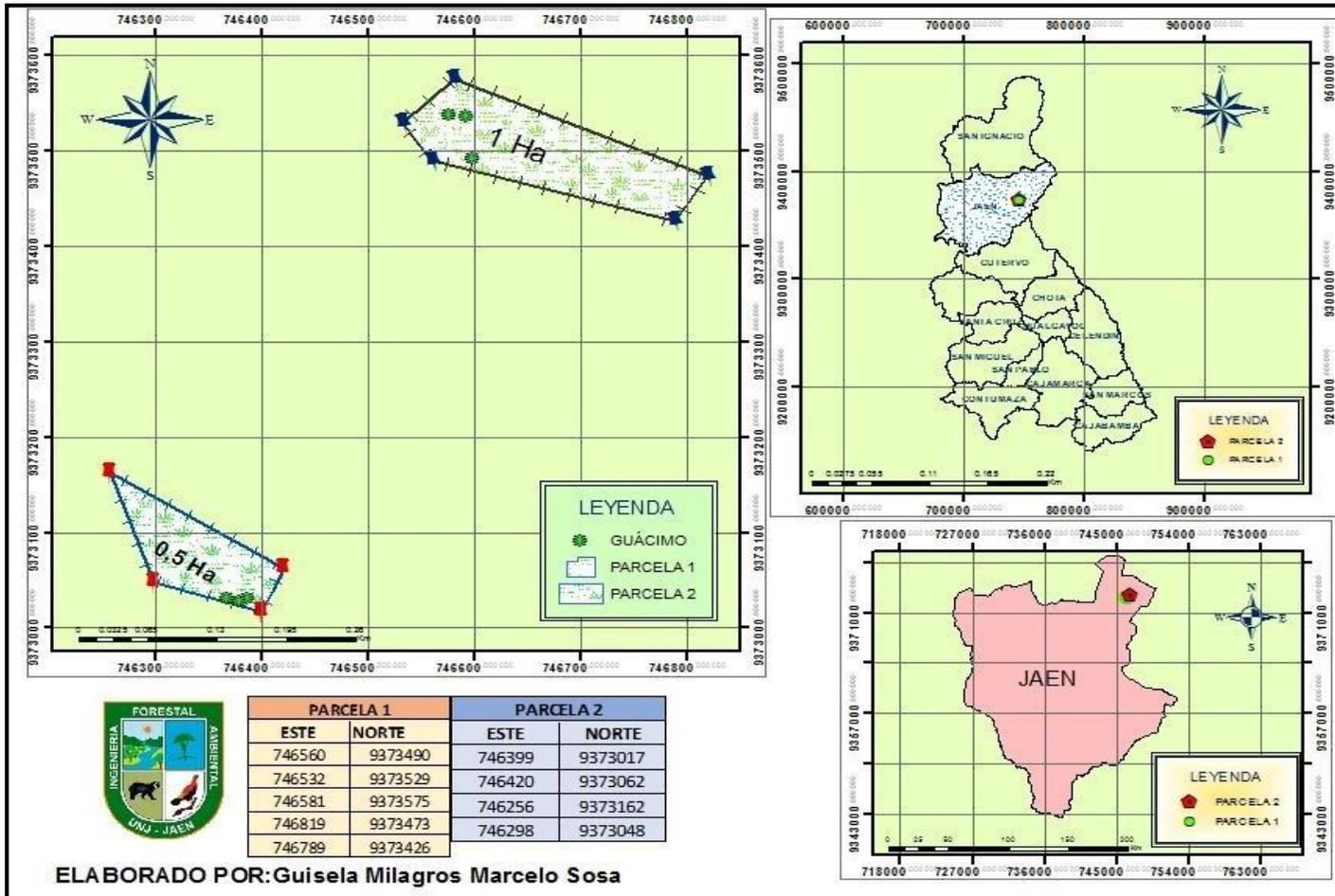
Jaén, 16 de diciembre de 2020

Yo, Alexander Huamán Mera, Biólogo-Botánico, identificado con DNI N° 42094361 y con Colegiatura del Colegio de Biólogos del Perú N° 9030, certifico que los especímenes presentados por la Bach. Guisela Milagros Marcelo Sosa, corresponden a *Guazuma ulmifolia* Lam, o nombrados comúnmente en la localidad como "Guácimo". Los especímenes presentados para la certificación, fueron usados como material biológico para desarrollar el proyecto de tesis titulado: "Solución óptima de extracto de Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam) y Policloruro de Aluminio para el tratamiento de aguas provenientes de actividades de limpieza de las oficinas de la Universidad Nacional de Jaén"

Firmo en señal de conformidad para los usos que la solicitante lo requiera.

Dr. Alexander Huamán Mera
C.B.P. 9030

Anexo 23. Certificado de identificación de la especie



Anexo 24. Mapa de ubicación de las parcelas de Guáximo

[Handwritten signatures]