



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“*ALOE VERA Y CAESALPINIA SPINOSA* PARA LA
REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES
DEL SECTOR AZUCARERO”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor:

Leyla Alina Segura Pelaez

Asesor:

Ing. Luis Enrique Alva Diaz

<https://orcid.org/0000-0003-0470-5908>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ronald Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Wilberto Effio Quezada	42298402
	Nombre y Apellidos	Nº DNI





Jurado 3	Elvar Renato Miñano Mera	18130961
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Document Information

Analyzed document	TESIS_LEYLA SEGUJA_Final_urkund.docx (D154903228)
Submitted	2023-01-04 17:09:00
Submitted by	Luis Alva Diaz
Submitter email	enrique.alva@upn.pe
Similarity	4%
Analysis address	enrique.alva.delnor@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Privada del Norte / Mariano José Del Castillo Sagastegui.docx Document Mariano José Del Castillo Sagastegui.docx (D134546878) Submitted by: flor.calvanapon@upn.pe Receiver: flor.calvanapon.delnor@analysis.arkund.com	 3
SA	Universidad Privada del Norte / EF_TALLER DE TESIS 2_FLORESARPEMARYORIANNA.docx Document EF_TALLER DE TESIS 2_FLORESARPEMARYORIANNA.docx (D151965171) Submitted by: leslie.velarde@upn.pe Receiver: leslie.velarde.delnor@analysis.arkund.com	 1
SA	Universidad Privada del Norte / Tesis_Titulación_Acosta_&_Dominguez_Final.docx Document Tesis_Titulación_Acosta_&_Dominguez_Final.docx (D111948820) Submitted by: enrique.alva@upn.pe Receiver: enrique.alva.delnor@analysis.arkund.com	 5
SA	TESIS-MARIA VELOZ.docx Document TESIS-MARIA VELOZ.docx (D55037989)	 1
SA	EVILSON JACO-TESIS_v2.docx Document EVILSON JACO-TESIS_v2.docx (D123657875)	 1
W	URL: http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/781/tesis%20octubre%20publica.pdf?seque... Fetched: 2020-11-26 11:21:47	 1
SA	UNU_POSGRADO_2022_TM_YUNG-GOMEZ_V1.pdf Document UNU_POSGRADO_2022_TM_YUNG-GOMEZ_V1.pdf (D130624775)	 1
W	URL: https://www.slideshare.net/BrunoIgnacio3/chapter-11-16-solucionario-larson-56147727 Fetched: 2021-05-06 23:21:33	 1
SA	Universidad Privada del Norte / T3_Taller de tesis 2_Aguilar Toro Alessandra Emperatriz y Cruz Sanchez Katty Margot.docx Document T3_Taller de tesis 2_Aguilar Toro Alessandra Emperatriz y Cruz Sanchez Katty Margot.docx (D139580076) Submitted by: n00041763@upn.pe Receiver: luis.lpa.delnor@analysis.arkund.com	 2

<https://secure.arkund.com/view/147888545-046443-246262#reported>

1/22

DEDICATORIA

Dedico la investigación a Dios por la fuerza y voluntad brindada, a mi familia por su esfuerzo y apoyo incondicional en mi vida profesional

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su sabiduría, a mis
padres el Sr. Aquilino Segura y la Sra. Nelly
Pelaez por estar conmigo en cada paso en mi vida,
por esas palabras de aliento, a mis hermanos Alex,
Franklin y Jhanjose por estar conmigo dandome
fuerza y motivación.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN	9
ÍNDICE DE GRÁFICA	10
ÍNDICE DE ANEXO	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Objetivos	21
1.4. Hipótesis	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	31
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	51
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.....	23
TABLA 2.....	24
TABLA 3.....	25
TABLA 4.....	28
TABLA 5.....	28
TABLA 6.....	29
TABLA 7.....	30
TABLA 8.....	31
TABLA 9.....	33
TABLA 10.....	34
TABLA 11.....	35
TABLA 12.....	35
TABLA 13.....	36
TABLA 14.....	38
TABLA 15.....	39
TABLA 16.....	40
TABLA 17.....	40
TABLA 18.....	41
TABLA 19.....	42
TABLA 20.....	55
TABLA 21.....	57
TABLA 22.....	58
TABLA 23.....	58
TABLA 24.....	59
TABLA 25.....	60
TABLA 26.....	74
TABLA 27.....	75
TABLA 28.....	76
TABLA 29.....	77
TABLA 30.....	78
TABLA 31.....	79
TABLA 32.....	80
TABLA 33.....	81
TABLA 34.....	85

TABLA 35	86
TABLA 36	87
TABLA 37	88
TABLA 38	89
TABLA 39	90
TABLA 40	91
TABLA 41	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

ILUSTRACIÓN 1.....	61
ILUSTRACIÓN 2.....	62
ILUSTRACIÓN 3.....	62
ILUSTRACIÓN 4.....	63
ILUSTRACIÓN 5.....	64
ILUSTRACIÓN 6.....	64
ILUSTRACIÓN 7.....	65
ILUSTRACIÓN 8.....	67
ILUSTRACIÓN 9.....	69
ILUSTRACIÓN 10.....	71
ILUSTRACIÓN 11.....	71
ILUSTRACIÓN 12.....	72
ILUSTRACIÓN 13.....	72
ILUSTRACIÓN 14.....	73
ILUSTRACIÓN 15.....	73
ILUSTRACIÓN 16.....	82
ILUSTRACIÓN 17.....	82
ILUSTRACIÓN 18.....	83
ILUSTRACIÓN 19.....	83
ILUSTRACIÓN 20.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICA

GRÁFICA 1	43
GRÁFICA 2	43
GRÁFICA 3	44
GRÁFICA 4	44
GRÁFICA 5	45
GRÁFICA 6	45

ÍNDICE DE ANEXO

ANEXO 1. MATRICES DE INVESTIGACIÓN	55
ANEXO 2. MONITOREO DE AGUA.....	58
ANEXO 3. TRATAMIENTO DE ALOE VERA	71
ANEXO 4. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE ALOE VERA	74
ANEXO 5. TRATAMIENTO DE CAESALPINIA SPINOSA.....	82
ANEXO 6. RESULTADO DEL TRATAMIENTO DE CAESALPINIA SPINOSA	85

RESUMEN

En la elaboración de azúcar se genera residuos líquidos potencialmente contaminantes para los cuerpos receptores por sus características físico- químicas de niveles de 5.3 pH y 351 NTU. Se realiza un tratamiento mediante coagulantes naturales como *Aloe vera*, *Caesalpinia spinosa* para la remoción de la turbidez en aguas residuales de una empresa azucarera. El método utilizado en los procesos de clarificación de agua es la prueba de jarra, donde se determina que la concentración y dosis óptima del coagulante de *Aloe vera* es de 46.6 NTU en una concentración de 40000 ppm con una dosis de volumen de 25 ml, presentando una eficiencia de 86.69% de remoción de turbidez. Por otro lado, la concentración y dosis óptima del coagulante de *Caesalpinia spinosa* es de 61.94 UNT en una concentración de 40000 NTU con una dosis óptima de 25 ml con una eficiencia de 82.35% en remoción de turbidez. Se concluye que la remoción de turbidez mediante coagulantes naturales de *Aloe Vera*, *Caesalpinia spinosa* en aguas residuales es por el mucilago en la estructura de las plantas que atrae partículas de carga negativa, presentado mayor eficiencia de remoción el mucilago de *Aloe vera*.

PALABRAS CLAVES: Aloe vera, caesalpinia spinosa, coagulante natural, turbidez, azucarera

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La disponibilidad de agua para riego ha disminuido en forma notable durante los últimos años, debido a cambios en cantidad y en la frecuencia de las lluvias, ocasionados por la tala indiscriminada de bosques en las cuencas hidrográficas y la explotación excesiva de los acuíferos superficiales para el cultivo de caña de azúcar. El agua de los canales de regadío entran en contacto con lodos de clarificación y cenizas resultante de la limpieza de las calderas luego de quemar el bagazo(Yara , 2020).

La industria azucarera tiene la mayor descarga de residuos líquidos en comparación a otros sectores, genera un alto consumo de agua en regiones con el recurso limitado (De la Hoz et al., 2017,p.72) . De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego (2022) “ la producción de azúcar esta concentrada en empresas como Casa Grande con el 23%, Cartavio 14%, Grupo manuelita en Laredo 11%, con un volumen de producción en toneladas de 1,2 millones en el 2020 y 1,1 millones en el año 2021”(p.2).

En la elaboración de azúcar se genera cierta cantidad de residuos líquidos que son potencialmente contaminantes por sus características físico- químicas, el valor de turbidez, uno de los parámetros de aguas residuales del sector azucarero, es de 240 NTU procedentes de tanques de agua para alimentar calderas, dilución de mieles, lavado de centrifugas, tuberías sin mantenimiento; por ello, es necesario hacer un tratamiento para reducir los impactos ambientales generados por el sector azucarero en los cuerpos receptores como ríos, canales y otras infraestructuras (Motito et al., 2014).

En el año 2019, Morales determina la dosis optima del coagulante de *Aloe vera* es de 1,8 g/l logrando remover la turbidez a un 60,14 % con un valor de 5,09 NTU (p.24).

Revelo et al. (2015) determina que los extractos de *Caesalpinia spinosa* tienen alto potencial para la remoción de materia orgánica y reducir la turbidez hasta un 24% en una concentración de 45 g/l. Un estudio similar desarrollado por Bachon et al. (2016) determina la remoción de la turbidez de aguas residuales industriales mediante el coagulante de *Caesalpinia Spinosa* en una concentración de 10.8 g/l, un pH ácido de 1 y 6, presentan una remoción de turbidez de 79.4 y 92.1% respectivamente, asimismo, un pH básico de 10 y 12,5 muestra una remoción de 81,6 y 99,2% cada uno.

En el artículo científico de Mamani et al. (2019) estudia la influencia de la goma de *Caesalpinia Spinosa* como agente coagulante mediante una prueba de jarras, en muestras de 30 NTU y 400 NTU, un pH alcalino de 7.8, con una velocidad de 300 RPM. Se determina que la goma de *Caesalpinia Spinosa* ayuda a reducir en un 40% la dosis de sulfato de aluminio en una turbidez de 30 NTU, por otro lado, la muestra de turbidez de 400 NTU no reduce la dosis de sulfato de aluminio. Se concluye que el coagulación es más efectivo cuando la turbidez es menor.

Un estudio similar realizado Pawar (2016) determina la eficiencia del coagulante de *Aloe vera* en concentraciones de 1%, 2% y 5%. El coagulante de *Aloe vera* remueve el 40% de la turbidez del agua, asimismo, las concentraciones de 2% y 5% de coagulante de *Aloe vera* incrementa el pH de la solución. Sin embargo, reemplazar el 20% de sulfato de aluminio por el coagulante de *Aloe Vera*, en una concentración de 1%, remueve el 80% de la turbidez del agua y no altera el pH del agua (p.70).

En el artículo de Kopytko (2014) determina la eficiencia del *Aloe vera* como agente coagulante y floculante en niveles de turbidez de 45,5 NTU y 101 NTU, reduce el 40% de turbidez en aguas residuales. Sin embargo, con el coagulante de sulfato de

aluminio se reduce el 95% la turbidez, además de reducir el 20% de dosis de sulfato de aluminio.

En el artículo de Muruganandam (2017) explica que el coagulante de *Aloe vera* remueve la turbidez por un proceso de ionización galacturónico de la estructura de su mucilago que junto con los iones H⁺ de las aguas residuales, facilitan la neutralización de la carga de las partículas coloidales (p. 8).

MARCO LEGAL

La constitución Política del Perú, Art. 22 (1993) establece que uno de los derechos fundamentales de la persona es el derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Ley General Ambiental, Art.1 (2005) señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente.

Ley General del Ambiente, Art.113 (2005) señala que la calidad ambiental tiene como objetivo preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad de aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.

Ley General del Ambiente, Art.120 (2005) indica que la protección de la calidad de las aguas promueve el tratamiento de las aguas residuales, con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

Ley General del Ambiente, Art.122 (2005) señala que las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los límites máximos permisibles, los estándares de calidad ambiental y otros estándares establecidos en los instrumentos de gestión ambiental.

Decreto Supremo N°004-2017-MINAM (2017) establece que los estándares de calidad ambiental para agua, en la subcategoría E2 para ríos, de la Categoría 4 de conservación del ambiente acuático son aquellos cuerpos naturales de agua lótico, que se mueven continuamente en una misma dirección.

MARCO CONCEPTUAL

Decreto Supremo N°031 - 2010 SA (2010) explica que el agua tratada es toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo.

Ley General del Ambiente, Art.31 (2005) indica que los estándares de calidad ambiental son los niveles de concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presente en el agua, aire o suelo, en su condición de cuerpo receptor.

Ley General del Ambiente, Art.32 (2005) indica que los límites máximos permisibles son las concentraciones o el grado de las sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al medio ambiente.

Fuquene et.al (2018) explica que los tratamientos convencionales de las aguas inician en un pre-tratamiento que remueven sólidos flotantes, continua un tratamiento primario para la eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de decantación,

flotación simple y neutralización en etapas de coagulación y floculación, después, un tratamiento secundario con el fin de eliminar la materia orgánica por procesos biológicos y finaliza con un tratamiento terciario para eliminar contaminantes específicos.

El tratamiento primario tiene como finalidad la clarificación del agua mediante el proceso de coagulación, donde se remueve la turbidez del agua generada por la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas, algunos microorganismos patógenos, sustancias que producen olor y sabor (Fuquene et al.,2018).

La turbidez es una muestra del contenido de sustancias coloidales orgánicas o minerales en el agua, los elevados niveles de turbidez afectan a la desinfección del agua, siendo un riesgo microbiológico para el ser humano (Martínez et al., 2020).

La turbidez es una propiedad óptica de la dispersión de la luz, se mide en unidades nefelométricas de turbidez UNF/NTU, es un método de medición de la luz dispersa en un ángulo de 90°. Se conoce que mayor turbidez en el agua, mayor cantidad de partículas en suspensión, aumentando la posibilidad de la presencia de bacterias, virus, protozoos, materia orgánica, disminuye el efecto de los desinfectantes en el agua (Baños,2018).

Por otro lado, Inglesías (2018) explica que el procedimiento de coagulación del agua es la desestabilización química de partículas coloidales que tienen cargas negativas, humus, microorganismos; agregando sustancias de carga positiva para generar un efecto de neutralización de cargas, también interviene una fuerza externa de energía como la agitación rápida para una mezcla de sustancias y finaliza con una agitación lenta de las partículas con el fin de desestabilizarlas, choquen y se aglomeren.

También la coagulación es un proceso de reducir la repulsión de la doble capa eléctrica de las partículas formando flóculos con un peso específico superior al agua, se usa para la remoción de turbidez porque incrementa la sedimentación de partículas y reduce sustancias con cargas negativas (Guzman et al., 2013).

Los coagulantes naturales son compuestos bioactivos de extractos de plantas que contienen mucilagos, gomas o proteínas que actúan en un proceso de neutralización de cargas, permiten la desestabilización coloidal de sólidos disueltos y suspendidos, tienen propiedades electrocinéticas, genera la ruptura del equilibrio termodinámico por la compresión de la capa eléctrica de las partículas (Banchón et al., 2016).

Los coagulantes naturales son productos orgánicos que tienen ventajas sobre polímeros sintéticos o sales metálicas, son biodegradables, tienen un carácter orgánico que minimiza el cambio de conductividad y pH. Además, logra eliminar o reducir sales en el agua, reducen costos y la corrosión que produce las sales (Fuquene et al.,2018).

El gel de *Aloe vera* es considerado un coagulante natural por su composición de polisacáridos de glucomanano, formado por manosa y giberelina que son hormonas de crecimiento del gel o mucilago de *Aloe vera*, esto aumenta la síntesis de colágeno. Además, es una planta xerófila que se adapta a la poca disponibilidad de agua (Dominguez et al., 2011).

Ferraro (2009) explica que el *Aloe vera* es una planta de la península de Arabia, compuesto por tres capas, la capa externa conocida como corteza, tiene la función de sintetizar sustancias, la capa intermedia está formada por antroquinonas y glucosidos, la capa interna formada por un gel que contiene 99% de agua y 1% compuesto de aminoácidos, lípidos, vitaminas, fenólicos.

Por otro lado, el coagulante natural de *Caesalpinia spinosa*, es un árbol de la familia *Caesalpinaceae* originaria de Perú, pertenece la familia de *leguminosae*, tiene frutos en forma encorvadas con cuatro o siete semillas de color anaranjado, es un polímero utilizado como coagulante por sus propiedades gelificantes y aglutinantes en la goma de las semillas (Jappsen et al., 2019)

Terrones (2019) indica que la goma de *Caesalpinia spinosa* esta compuesta por polisacáridos como hidrocoloide, que se encuentra en las semilla de *Caesalpinia spinosa*, su composición química es un galactomano conformado por galactosa y manosa, es un polímero biodegradable que actúa como clarificador, el endosperma de la semilla contiene 80% de galactomano, es molido en particulas finas para su comercialización de goma de tara.

Por otro lado, el exceso de coagulante natural restablece la estabilidad coloidal mediante la repulsión de cargas, se usan en condiciones extremas como alta concentraciones de salinidad, alcalinidad, pH encima de 12 (Banchón et al.,2016)

Las particulas coloidales presentan dos fuerzas, la fuerza de atracción de Van der Walls que es un movimiento continuo para la atracción de las particulas y la fuerza de repulsión de cargas eléctricas negativas, siendo necesario adicionar agentes coagulantes de carga opuesta para generar la atracción por mecanismos fisicoquímicos (Fuquene et al.,2018)

La adsorción es la reacción de la superficie del coloide con el coagulante en una mezcla de cargas opuestas que se adsorben por las particulas de carga negativa neutralizando la repulsión de las particulas, conocida como teoría de Helmotz (Fuquene et al.,2018).

El mecanismo de adsorción y neutralización de cargas de acuerdo a la teoría de Helmutz, es la formación de una capa de adsorción de cargas en la capa superficial de las partículas de carga opuesta. Por otro lado, la teoría de Gouy indica que se forma una capa difusa por la agitación térmica del agua, la destabilización de partículas que separan iones de la superficie de las partículas de carga opuesta (Arboleda,1992).

La comprensión de la doble capa es la atracción de partículas de carga positiva sobre la superficie de coloides de carga negativa en la región interfaz sólido -líquido en el agua formando una doble capa, se reduce la repulsión eléctrica, por la introducción de un electrolito con carga opuesta a las partículas del agua (Fuquene et al.,2018)

El test de jarras es una técnica de laboratorio para simular procedimientos de coagulación y floculación mediante vasos de precipitación, la finalidad es observar la formación de flóculos, se agrega diferentes dosis de coagulantes para la remoción de la turbidez, se realiza una mezcla rápida y una mezcla lenta por medio de un conjunto de paletas generando una agitación similar en todas las jarras (Terrones, 2019).

La dosis óptima se determina por un test de jarra, la cantidad de coagulante influye en la formación de flóculos, las pequeñas cantidades no generan la neutralización total de carga, las cantidades elevadas generan gran cantidad de flóculos pequeños que tardan en sedimentar (Fuquene et al.,2018).

La dosis óptima es la cantidad o volumen de coagulante a una concentración determinada, se adiciona en un tratamiento dependiendo del grado de turbidez con la finalidad de formar flóculos para su sedimentación y reducir la turbidez del agua (Barajas et al., 2015)

La concentración es una disolución de elementos entre el soluto y el disolvente, el soluto es el componente de menor cantidad y el disolvente de mayor cantidad, expresado en fracción molar o partes por millón (Raviolo, 2021).

1.2. Formulación del problema

¿Qué efecto presenta Aloe Vera (sábila) y Caesalpinia spinosa (taya) en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero?

1.3. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de Aloe Vera, Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del sector azucarero.
- Determinar la concentración y dosis óptima del coagulante de Aloe vera en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero
- Determinar la concentración y dosis óptima del coagulante de Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero
- Comparar los resultados obtenidos de la remoción de los tres tratamientos Aloe Vera, Caesalpinia spinosa en el sector azucarero

1.4. Hipótesis

H₀: El Aloe vera y caesalpinia spinosa no tienen un efecto significativo en la remoción de la turbidez en las aguas residuales del sector azucarero

H1: El Aloe vera y caesalpinia spinosa tienen un efecto significativo en la
remoción de la turbidez en las aguas residuales del sector azucarero

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al desarrollo de los objetivos de la investigación y las variables planteadas, la investigación es experimental con un diseño factorial. En la investigación de Naranjo et. al (2018) indican que consiste someter a la variable independiente a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos para observar los efectos o reacciones que produce en la variable dependiente. Asimismo, Melo et. al (2020) explican que un diseño factorial es un tratamiento o combinación de niveles de factores cuantitativos o cualitativos que se desea comparar. También, se consideró para la investigación un método cuantitativo que utiliza mediciones numéricas y análisis estadísticos para establecer controles de comportamiento como es la prueba de jarra usado en los procesos de clarificación de agua (Naranjo et. al, 2018)

2.1.1 TIPO / SUBTIPO DE DISEÑO

El presente estudio es una investigación experimental que evalúa el efecto en las variables en condiciones controladas (Naranjo et. al, 2018), con un diseño factorial $2^3 \times 3$, el diseño factorial está formado por las combinaciones de los niveles de los factores a estudiar, la manipulación de dos o más variables independientes en un mismo experimento en función de la cantidad de niveles de tratamiento (Melo et al., 2020). La investigación tiene 2 factores el *Aloe Vera* (Sábila) y *Caesalpinia spinosa* (Tara) ambos con 3 niveles que son la dosis de 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, se realiza 3 repeticiones a las pruebas

Tabla 1.

Criterios para el tratamiento con coagulantes naturales

Dosis (masa/volumen) (mg/l)	Tamaño de la muestra (l)	N° Repeticiones	Tiempo de agitación rápida RPM (min)	Tiempo de agitación lenta RPM (min)	Tiempo de reposo (minutos)
25	2	3	1	1	30
50	2	3	1	1	30
75	2	3	1	1	30

Nota. La tabla muestra los criterios a considerar en el tratamiento de aguas residuales con cogulantes naturales.

Tabla 2

Matriz del diseño factorial 2³

Factores - A (Coagulante)	Factores - B		
	b1 -25 mg/l	b2- 50 mg/l	b3 -75 mg/l
A1 - Aloe vera	a1b1	a1b2	a1b3
A2 - Caesalpinia spinosa	a2b1	a2b2	a2b3

Nota. La tabla muestra el diseño de dos factores como el Aloe vera y Caesalpinia spinosa en tres niveles de concentración 25mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l

Tabla 3

Relación de la concentración y dosis del coagulante

Dosis (ml)	25 ml	25 ml	25 ml	50 ml	50 ml	50 ml	75 ml	75 ml	75 ml
Concentración	r1	r2	r3	r1	r2	r3	r1	r2	r3
20000 ppm	A111	A121	A131	B111	B121	B131	C111	C121	C131
	A112	A122	A132	B112	B122	B132	C112	C122	C132
	A113	A123	A133	B113	B123	B133	C113	C123	C133
30000 ppm	D111	D121	D131	E111	E121	E131	F111	F121	F131
	D112	D122	D132	E112	E122	E132	F112	F122	F132
	D113	D123	D133	E113	E123	E133	F113	I23	F133
40000 ppm	G111	G121	G131	H111	H121	H131	I111	I121	I131
	G112	G122	G132	H112	H122	H132	I112	I122	I132
	G113	G123	G133	H113	H123	H133	I113	I123	I133
50000 ppm	J111	J121	J131	K111	K121	K131	L112	L121	L131
	J112	J122	J132	K112	K122	K132	L112	L122	L132
	J113	J123	J133	K113	K123	K133	L113	L123	L133

Nota. La tabla muestra la concentración de coagulante natural en partes por millón (ppm), dosis de 25 ml, 50 ml, 75 ml con repeticiones : primera repetición (r1), repetición dos (r2), repetición tres (r3)

2.2. CODIGO DE ÉTICA

La presente investigación se realizó bajo el Código de Ética del Investigador Científico de UPN, poniendo en práctica la Integridad Científica, esclareciendo que todo tratamiento de información, análisis y difusión de la misma por parte de los participantes involucrados se mantendrá en total reserva bajo el precepto de confidencialidad.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1 Población

La población es un conjunto de elementos con características comunes como el periodo de tiempo, espacio, , la homogeneidad de las características de los elementos delimitada por el problema y los objetivos de la investigación (Naranjo et al., 2018). La población de la investigación son aguas residuales del sector azucarero de la provincia de Trujillo, en la región La Libertad en el año 2020.

2.2.2 Muestra

La muestra es una parte de la población para conocer datos específicos de la investigación (Naranjo et. al, 2018). Asimismo, la Autoridad Nacional del Agua (2016) explica que una muestra compuesta es el resultado de la mezcla homogenea de varias muestras simples. La recolección de la muestra compuesta del estudio cumple con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua, se calcula una muestra de 48 litros, compuesta por 12 muestras simples de 4000 ml de agua residual, cada 15 minutos, como se describe en la tabla 24 el registro de datos de campo, en la tabla 25 la cadena de custodia.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Método de análisis de datos:

El análisis estadístico se realiza mediante el software MINITAB. Se aplica una estadística experimental realizando el análisis de varianza – ANOVA, regresión lineal, probabilidad de la normal, análisis de contorno y la optimización de la respuesta de eficiencia de los coagulantes en estudio. La validación de hipótesis es lleva a cabo mediante el grupo control, que describe las características iniciales de la muestra sin tratamiento, se evalúa si los tratamientos cambiaron alguna característica o son similares.

2.3.2 Técnicas e instrumentos de recolección

2.3.2.1 Recolección de la muestra para análisis

La recolección de la muestra compuesta de la investigación, se realiza de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua, se toma una muestra compuesta de 48 litros en 12 muestras simples de 4000 ml de agua residual del sector azucarero, cada 15 minutos, realizado el 6 de Julio del 2020 a las 10:00 a.m en el canal de regadío, en el distrito de Laredo en la provincia de Trujillo-La Libertad, como se describe en la tabla 22 registro de datos de campo y la tabla 23 cadena de custodia.

Mediante el uso de un GPS, se determinó las siguientes coordenadas geográficas del punto de muestre.

Tabla 4

Coordenadas del punto de muestreo en el sistema WGS84

Punto de Muestreo	Zona	Coordenada Norte	Coordenada Este
PM-01-AS	17 L	9104545.00 mS	724146.00 m E

Nota. La ubicación del punto de muestreo en coordenadas UTM

- La conservación y preservación de la muestra se realiza según el anexo VII del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

2.3.2.2 Obtención del coagulante Aloe vera

1. Para obtener 1 Kg de coagulante se utilizó 4 pencas de *Aloe vera* de aproximadamente 18 cm de largo, 10 cm y 1 cm de espesor, fueron lavadas y peladas para retirar la parte exterior, cutícula.
2. Se realiza el corte del tejido vegetal de *Aloe vera* en pequeños rectángulos
3. Se pesa 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g de tejido vegetal de Aloe vera
4. En relación masa – volumen se macera en 0.5 L de agua destilada cada peso de tejido vegetal de *Aloe vera*, la concentración del coagulante se encuentra de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 5

Concentración del coagulante de Aloe vera

g	mg	L	ppm
10	10000		20000
15	15000		30000
20	20000	0.5	40000
25	25000		50000

- Se tomo dosis de 25, 50 y 75 mL de cada concentración de coagulante de Aloe vera para iniciar con las pruebas

2.3.2.3 Obtención del coagulante caesalpinia spinosa

- Para obtener un 1 Kg se utilizó 3 kg de taya de aproximadamente 10 cm de largo, 15 cm ancho y 0.1 cm de espesor, fueron lavadas y secadas a una temperatura de 23 °C
- Con la ayuda de un mortero se polvoriza el tejido vegetal de caesalpinia spinosa, se pesa 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g de tejido caesalpinia spinosa
- En relación masa – volumen se macera en 0.5 L de agua destilada cada peso de tejido de caesalpinia spinosa, la concentración del coagulante se encuentra de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 6

Concentración del coagulante de caesalpinia spinosa

<i>g</i>	<i>mg</i>	<i>L</i>	<i>ppm</i>
10	10000		20000
15	15000		30000
20	20000	0.5	40000
25	25000		50000

Nota. La concentración del coagulante natural en ppm= mg/l

- Se toma dosis de 25, 50, 75 mL para iniciar las pruebas de jarra

2.3.2.4 Prueba de Test de Jarra

El test de jarra es un método de simulación del proceso de del proceso de coagulación, floculación y sedimentación. Los factores de control para el test de jarra están de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 7

Factores de control para el Test de Jarra

Parámetros	Valores
pH	4- 6
Temperatura	Ambiente – 23°C
Velocidad de agitación rápida	100 rpm
Tiempo de velocidad de agitación rápida	1 minuto
Velocidad de agitación lenta	40 rpm
Tiempo de velocidad de agitación lenta	1 minuto
Tiempo de sedimentación	30 minutos

Nota. Parámetros para el control en el test de jarra

2.3.2.5 Análisis de la muestra

La muestra compuesta de 48 litros se tomo 12 muestras simples de 4000 ml de agua residual del sector azucarero cada 15 minutos como se describe en la tabla 22 el registro de datos de campo y en la tabla 23 la cadena de custodia.

Turbidez

Mediante el uso del turdímetro marca HACH 2100 Q previamente calibrado, se mide la turbidez inicial en una muestra sin tratamiento y la turbidez final en muestras con diferentes tratamientos después de 30 minutos de sedimentación en unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

pH

Mediante el uso del multipametro marca HACH HQ40d previamente calibrado, se mide el pH inicial en una muestra sin tratamiento y el pH final en cada muestra con los diferentes tratamientos después de 30 minutos de sedimentación con la sonda de pH

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta los resultados de la investigación el efecto de los coagulante natural *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa* en la remoción de turbidez de las aguas residuales del sector azucarero en la provincia de Trujillo.

1. Parámetros físicos de las aguas residuales del sector azucarero

De acuerdo al análisis de la muestra de agua residual, tomada en el canal de regadio del sector azucarero, regulado por el D.S N°010-2019-Vivienda, los valores máximos admisibles (VMA) para descargas de aguas no domésticas son de una temperatura <35, el pH entre 6-9, comparado con con los resultados de la muestra descritos en la tabla 8, el pH es 5.4 siendo menor al valor requerido en la norma. Asimismo, los estándares de calidad ambiental de agua definidos en el D.S 004 -2017 – MINAM Categoría 1 poblacional y recreacional subcategoría agua superficiales destinadas a la producción de agua potable, parámetros como turbiedad debe ser 100 NTU en aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, comparado con la tabla 8, la turbidez es de 351 NTU, superando el valor descrito en la normativa.

Tabla 8

Parámetros iniciales de la muestra de agua residual del sector azucarero

Parametro	resultados
Turbidez	351 NTU
pH	5.4
Oxígeno disuelto	0,87 mg/l
Temperatura	25°

Nota. Parámetros realizados inicialmente en el agua residual del sector azucarero

2. Concentración y la dosis óptima del coagulante de *Aloe vera* en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero

Se realiza un análisis de varianza para probar la hipótesis de diferentes concentraciones de coagulante de *Aloe vera* afectan en la remoción de la turbidez de las aguas residuales del sector azucarero

Las hipótesis son:

$H_0 = t1 = t2 = t3 = t4$, si las concentraciones evaluadas del coagulante natural de Aloe vera tienen similar efecto en la remoción de la turbidez en la muestra de agua del sector azucarero.

$H_1 = ti \neq 0$, si una de las concentraciones evaluadas del coagulante natural de Aloe vera, por lo menos una media es diferente en la remoción de la turbidez en la muestra de agua del sector azucarero.

De acuerdo Manterola et al (2008) explican que el valor p esta asociada a la estadística significativa o aceptación de la hipótesis, se admite el valor $p < 0,05$ que representa una seguridad de 95% de la investigación, depende de factores como la magnitud de la diferencia del los elementos estudiados y el tamaño de muestra. En la tabla 10 se evalua las concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm de coagulante de Aloe vera, tiene como resultado un valor de $p 0,004$, el coagulante de Aloe vera tiene un efecto significativo en la remoción de la turbidez de la muestra de agua del sector azucarero.

Tabla 9

Resultados de remoción de turbidez para distintas concentraciones y dosis de Aloe vera

ppm	Volumen (ml)	R1	R2	R3	Promedio	Porcentaje %
20000	25	135.75	120.25	132.75	129.58	63.08
	50	106.9	106.4	107.4	106.90	69.54
	75	164.27	163.9	166.75	164.98	53.00
30000	25	85.75	83.75	86	85.17	75.74
	50	77.25	76.75	74	76.00	78.35
	75	51.67	51.47	49.27	50.81	85.52
40000	25	46.76	46.6	46.7	46.69	86.69
	50	66.32	58.12	66.6	63.68	81.86
	75	51.92	52.35	53.6	52.63	85.01
50000	25	68.05	67.02	68.8	67.96	80.64
	50	81.7	86.87	84.35	84.31	75.98
	75	92.32	95.02	94.4	93.92	73.24

Nota. La tabla muestra la concentración del coagulante de Aloe vera (ppm), volumen (ml) con resultados en la prueba de test de jarras

Tabla 10

Análisis de varianza de tratamiento de coagulante de Aloe vera

<i>Factor</i>	<i>Elementos</i>	<i>Valores</i>			<i>Medias</i>				
<i>ppm</i>	<i>4</i>	<i>20000,30000,40000,5000</i>			<i>ppm</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>StDev</i>	<i>95%CI</i>
<i>S</i>	<i>R-s-sq</i>	<i>R-s-sq(adj)</i>	<i>R-sq(pred)</i>	<i>20000</i>	<i>3</i>	<i>133.8</i>	<i>29.3</i>	<i>(108.6;159.0)</i>	
<i>18.9127</i>	<i>78.90%</i>	<i>70.98%</i>	<i>52.52%</i>	<i>30000</i>	<i>3</i>	<i>70.7</i>	<i>17.8</i>	<i>(45.5;95,8)</i>	
				<i>40000</i>	<i>3</i>	<i>53.88</i>	<i>9.24</i>	<i>(28,70;79,06)</i>	
				<i>50000</i>	<i>3</i>	<i>82.06</i>	<i>13.12</i>	<i>56,88;107,24</i>	
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P Value</i>				
<i>ppm</i>	<i>3</i>	<i>10698</i>	<i>3566.0</i>	<i>9.97</i>	<i>0.004</i>				
<i>Error</i>	<i>8</i>	<i>2862</i>	<i>357.7</i>						
<i>total</i>	<i>11</i>	<i>13560</i>							
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probab.</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>		
<i>Intercep.</i>	<i>145.323333</i>	<i>28.6485321</i>	<i>5.07262755</i>	<i>0.00048297</i>	<i>81.4904258</i>	<i>209.156241</i>	<i>81.4904258</i>		
<i>ppm</i>	<i>-0.00172053</i>	<i>0.00077971</i>	<i>-2.20661313</i>	<i>0.04185725</i>	<i>0.00345784</i>	<i>1.6784E-05</i>	<i>-0.00345784</i>		

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza del tratamiento del coagulante de Aloe vera

La tabla 11 describe la estadística de regresión, indica un coeficiente de determinación (R^2) de 0,327% en relación de la remoción de turbidez de agua del sector azucarero mediante el coagulante de aloe vera influye en la remoción de la turbidez de aguas residuales del sector azucarero y el 0,673 % por otros factores.

Tabla 11

Estadística de la regresión

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.57224664
Coeficiente de determinación R^2	0.32746622
R^2 ajustado	0.26021284
Error típico	30.1982044
Observaciones	12

Nota. La relación de la remoción de turbidez de aguas residuales del sector azucarero con el tratamiento del coagulante natural de Aloe vera

La tabla 12 señala los intervalos de las medias con un nivel de confianza de 95%, se evalúa las concentraciones del coagulante de Aloe vera de 20000, 3000, 40000, 5000 ppm en consideración con los promedios de la remoción de la turbidez de la muestra de agua del sector azucarero. La concentración de 20000 ppm de coagulante de Aloe vera tiene una estimación de 133,8 NTU, la concentración de 30000 ppm una estimación de 70,658 NTU, la concentración de 40000 ppm tiene una estimación de 53,88 NTU y la concentración de 50000 ppm tiene una estimación de 82,06 NTU.

Tabla 12

Intervalos de medias de remoción de turbidez mediante el coagulante de Aloe vera

Intervalos del promedio de remoción de turbidez al 95%			
20000 ppm	30000 ppm	40000 ppm	50000 ppm
133.819	70.6583	53.8806	82.0611

De acuerdo a la tabla 13 señala la optimización de respuesta del coagulante de Aloe vera para la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, tiene como resultados un cocentración de 33636.4 ppm de coagulante de Aloe vera con un volumen de 25 ml, con un intervalo de confianza al 95% presenta una eficiencia de 73.24 %.

Tabla 13

Optimización de remoción de turbidez mediante el coagulante de Aloe vera

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Volumen (dosis)
Efecto de Aloe vera	Máximo	59.4729	87.085	25ml 50 ml 75 ml
Remoción e Aloe vera	Máximo	45.333	142.250	
Solución	Ppm	Volumen	Efecto de Aloe vera	Remoción de Aloe vera
1	33636.4	25 ml	73.2369	93.9386
Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Efecto de Aloe vera	73.24	5.47	(59,18;87.30)	(46.44;100.3)
Remoción e Aloe vera	93.9	19.2	(44.6;143,3)	(0.1;188.0)

2. Concentración y dosis óptima del coagulante de Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero

Se realiza un análisis de varianza para probar la hipótesis de que los diferentes concentraciones del coagulante de Cesalpinia spinosa afectan en la remoción de la turbidez de las aguas residuales del sector azucarero.

Las hipótesis son:

$H_0 = t1 = t2 = t3 = t4$, si las concentraciones evaluadas del coagulante natural de Cesalpinia spinosa tienen similar efecto en la remoción de la turbidez en la muestra de agua del sector azucarero.

$H_1 = ti \neq 0$, si una de las concentraciones evaluadas del coagulante natural de Cesalpinia spinosa , por lo menos una media es diferente en la remoción de la turbidez en la muestra de agua del sector azucarero.

De acuerdo Manterola et al (2008) explica que el valor $p < 0,05$ representa una seguridad de 95% de la investigación, de acuerdo a la tabla 15, se evalúa las concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm de coagulante de Cesalpinia spinosa , los resultados de la evaluación del valor de p es de 0,408, presentan similar efecto en la remoción de la turbidez del agua mediante el coagulante de Cesalpinia spinosa.

Tabla 14

Resultados de remoción de turbidez del agua residual del sector azucarero mediante el coagulante de Cesalpinia spinosa

ppm	Volumen (ml)	R1	R2	R3	Promedio	Porcentaje %
20000	25	87.875	88.525	81.575	85.99	75.50
	50	102.5	108.675	113.025	108.07	69.21
	75	70.575	71.9	67.625	70.03	80.05
30000	25	98.725	98.55	97.85	98.38	71.97
	50	94.15	95.325	94.625	94.70	73.02
	75	56.425	55.625	56.6	56.22	73.24
40000	25	61.725	61.3	62.8	61.94	82.35
	50	67.9	68.325	67.625	67.95	80.64
	75	71.425	71.775	71.9	71.70	79.57
50000	25	78.1	78.4	78.95	78.48	77.64
	50	86.45	88.225	86.45	87.04	75.20
	75	92.175	90.725	91.025	91.31	73.99

Nota. La tabla muestra la concentración del coagulante de *Caesalpinia spinosa* (ppm), volumen (ml) con resultados en la prueba de test de jarras

Tabla 15

Análisis de varianza de tratamiento de coagulante de Caesalpinia spinosa

<i>Factor</i>	<i>Elementos</i>	<i>Valores</i>			<i>Medias</i>				
<i>ppm</i>	<i>4</i>	<i>20000,30000,40000,50000</i>			<i>ppm</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>StDev</i>	<i>95%CI</i>
<i>S</i>	<i>R-s-sq</i>	<i>R-s-sq(adj)</i>	<i>R-sq(pred)</i>	<i>20000</i>	<i>3</i>	<i>88.0</i>	<i>19.1</i>	<i>(67.2;108.8)</i>	
<i>15.6280</i>	<i>28.97%</i>	<i>2.33%</i>	<i>0.00%</i>	<i>30000</i>	<i>3</i>	<i>83.1</i>	<i>23.4</i>	<i>(62.3;103.9)</i>	
				<i>40000</i>	<i>3</i>	<i>67.20</i>	<i>4.92</i>	<i>(46.39;88.00)</i>	
				<i>50000</i>	<i>3</i>	<i>85.61</i>	<i>6.53</i>	<i>64.80;106.42</i>	
<i>Source</i>	<i>DF</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P Value</i>				
<i>ppm</i>	<i>3</i>	<i>796.0</i>	<i>265.6</i>	<i>1.0</i>	<i>0.408</i>				
<i>Error</i>	<i>8</i>	<i>1953.9</i>	<i>244.2</i>	<i>9</i>					
<i>total</i>	<i>11</i>	<i>2750.7</i>							
<i>Coefficientes</i>		<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probab.</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>		
<i>Intercep</i>	<i>89.08944</i>	<i>15.50231</i>	<i>5.746846</i>	<i>0.0001859</i>	<i>54.548</i>	<i>123.6307</i>	<i>54.54</i>		
<i>ppm</i>	<i>-0.00023158</i>	<i>0.00042219</i>	<i>-0.40888011</i>	<i>0.5951298</i>	<i>-0.00117168</i>	<i>0.000708</i>	<i>-0.00117168</i>		

Nota. La tabla muestra el análisis de varianza del tratamiento del coagulante de Caesalpinia spinosa

La tabla 16 señala la estadística de regresión, indica un coeficiente de determinación R² de 0,029% en relación de la remoción de turbidez de agua del sector azucarero mediante el coagulante de *Cesalpinia spinosa* influye mediante el nivel de concentración y volumen evaluado en el estudio y el 0,971% por otros factores.

Tabla 16

Estadística de la regresión

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.17101418
Coeficiente de determinación R ²	0.02924585
R ² ajustado	-0.06782957
Error típico	16.3408798
Observaciones	12

Nota. La relación de la remoción de turbidez de aguas residuales del sector azucarero con el tratamiento del coagulante natural de *Caesalpinia spinosa*

La tabla 17 señala de intervalos señala los promedios de la medias de la remoción de la turbidez de la muestra de agua del sector azucarero, con un nivel de confianza 95% de las concentraciones del coagulante de *Caesalpinia spinosa* de 20000 ppm con una media de 88,03 NTU, la concentración de 30000 ppm presenta una media de 83,09 NTU , la concentración de 40000 ppm tiene una media de 67,19 NTU y la concentración de 50000 ppm tiene una media de 82,06 NTU.

Tabla 17

Intervalos de medias de remoción de turbidez

Intervalos del promedio de remoción de turbidez al 95%			
20000 ppm	30000 ppm	40000 ppm	50000 ppm
88.0306	83.0972	67.1972	85.611

Nota. Concentraciones del coagulante natural *Cesalpinia spinosa*

La tabla 18 señala la eficiencia de coagulante de *Cesalpinia* en la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, se tiene como resultado una concentración de 35000.70 de *Cesalpinia spinosa*, en un volumen de 25 ml, con un intervalo de confianza al 95% presenta una eficiencia de 76.59 %.

Tabla 18

Optimización de remoción de turbidez mediante el coagulante de Caesalpinia spinosa

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Volumen (dosis)
Efecto de Caesalpinia spinosa	Máximo	69.2118	83.984	25 50 75 ml
Remoción e Caesalpinia spinosa	Máximo	56.2167	108.067	
Solución	ppm	Volumen	Efecto	Remoción
1	35000.7	25 ml	76.5974	82.1430
Respuesta	Ajuste	EE	IC de 95%	IP de 95%
Efecto de Caesalpinia spinosa	76.60	2.31	(70,66; 82.53)	(65.29;87.90)
Remoción Caesalpinia spinosa	82.14	8.10	(61,31;102.97)	(42.46;121.83)

3. Comparación de los resultados de remoción de los tres tratamientos Aloe Vera, *Caesalpinia spinosa* en el sector azucarero

Se interpreta de la tabla 19, el análisis de contorno de concentraciones de coagulante de Aloe vera en la remoción de turbidez en agua residual del sector azucarero, el 85% de la remoción de la turbidez esta en el área de una dosis de 40000 ppm de coagulante de *Aloe vera*, con menor porcentaje de remoción con un 55% esta en el área de una dosis de 20000 ppm.

El de análisis de contorno de concentraciones de coagulante de *Caesalpinia spinosa* en la remoción de turbidez en agua residual del sector azucarero, el 82% de la remoción de la turbidez esta en el área de una dosis de 40000 ppm de coagulante de *Caesalpinia spinosa*, con menor porcentaje de remoción con un 70% esta en el área de una dosis de 20000 ppm.

Tabla 19

Nivel de remoción de turbidez mediante coagulantes naturales de *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa*

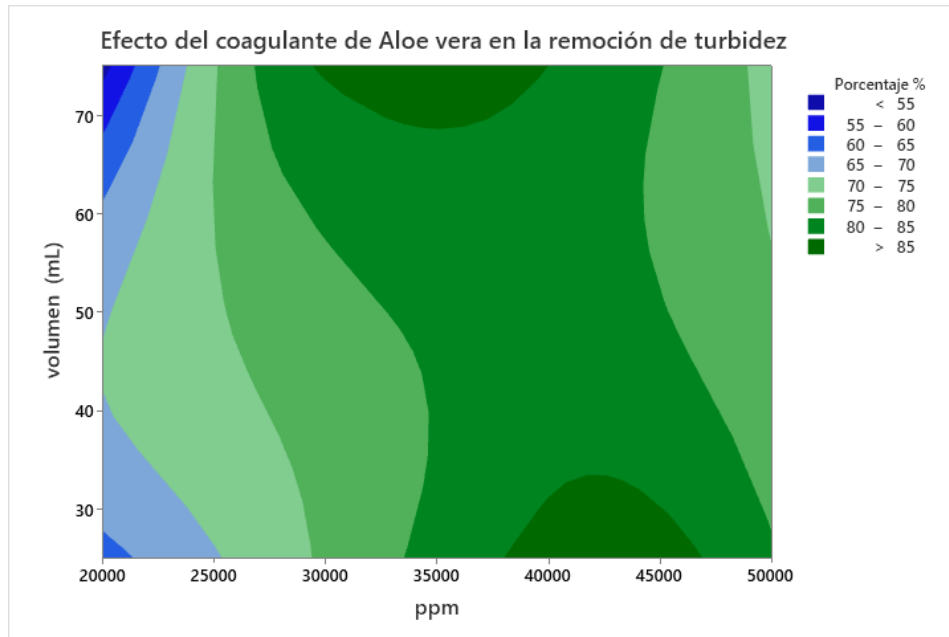
Concentraciones	Aloe vera	Caesalpinia
20000	<55	<70
30000	70-75%	72-74%
40000	>85 %	>82%
50000	80 -85%	78-80%

Nota. La remoción de turbidez de agua residual en diferentes concentraciones de coagulantes naturales

De acuerdo a la gráfica 1, se evalúa el contorno del efecto del coagulante de *Aloe vera* en la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, los resultados de las concentraciones del coagulante natural en relación con el volumen y el porcentaje de remoción de turbidez, la concentración de 40000 ppm con un volumen de 30 ml tiene una remoción >85%

Gráfica 1

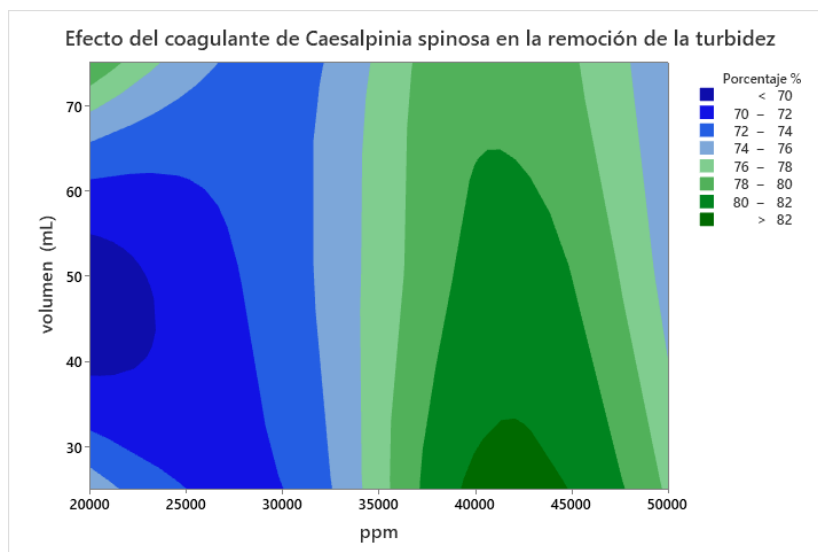
Contorno del efecto del coagulante de Aloe vera en la remoción de turbidez



De acuerdo a la gráfica 2 se evalúa el contorno del efecto del coagulante de *Caesalpinia spinosa* en la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, los resultados de las concentraciones del coagulante natural en relación con el volumen y el porcentaje de remoción de turbidez, la concentración de 40000 ppm con un volumen de 30 ml tiene una remoción >82%

Gráfica 2

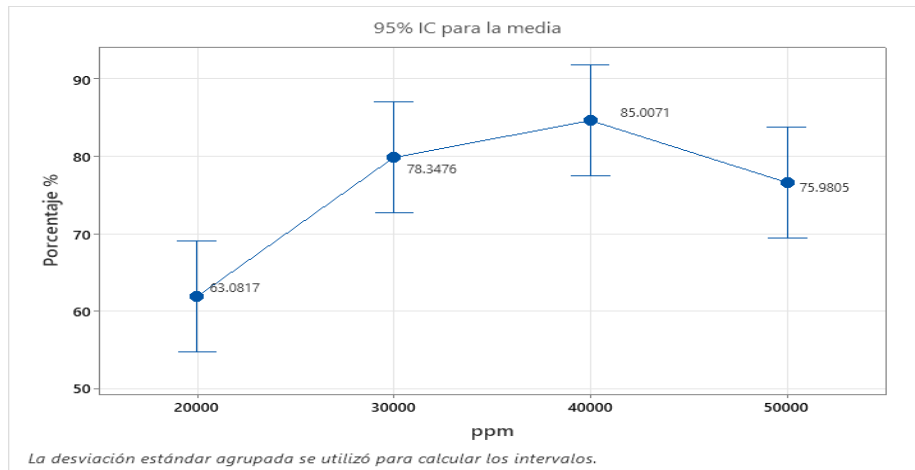
Contorno del efecto del coagulante de Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez



De acuerdo a la gráfica 3 el efecto de remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero en concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm del coagulante de Aloe vera, presenta una eficiencia de remoción de 85,007% en una concentración de 40000 ppm.

Gráfica 3

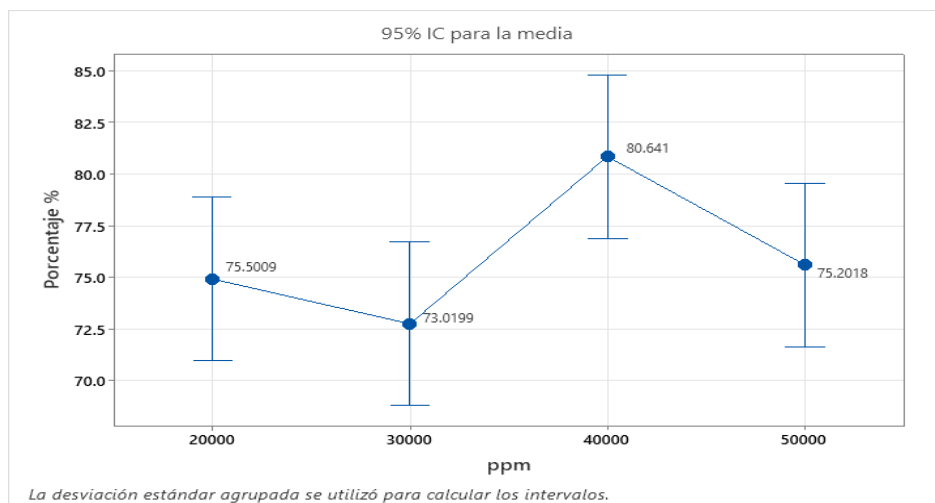
Efecto de la remoción de turbidez mediante el coagulante de Aloe vera



De acuerdo a la gráfica 4 el efecto de remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero en concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm del coagulante de Caesalpinia spinosa tiene una efecto creciente en la solución, presenta una eficiencia de remoción de 85,007% en una concentración de 40000 ppm

Gráfica 4

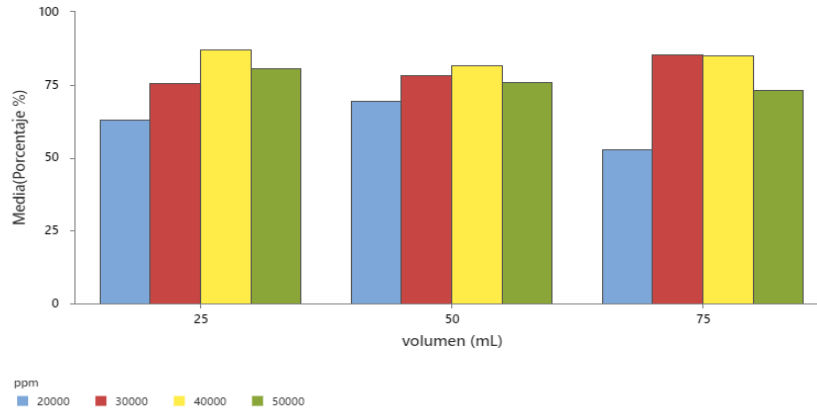
Efecto de la remoción de turbidez mediante el coagulante de Caesalpinia spinosa



De acuerdo a la gráfica 5, la dosis óptima del coagulante de *Aloe vera* presenta un volumen de 25, 50,75 ml en los ensayos realizados en las concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm de coagulante de *Aloe vera* en la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, tiene una remoción 86,69% con un volumen de 25 ml en una concentración de 40000 ppm.

Gráfica 5

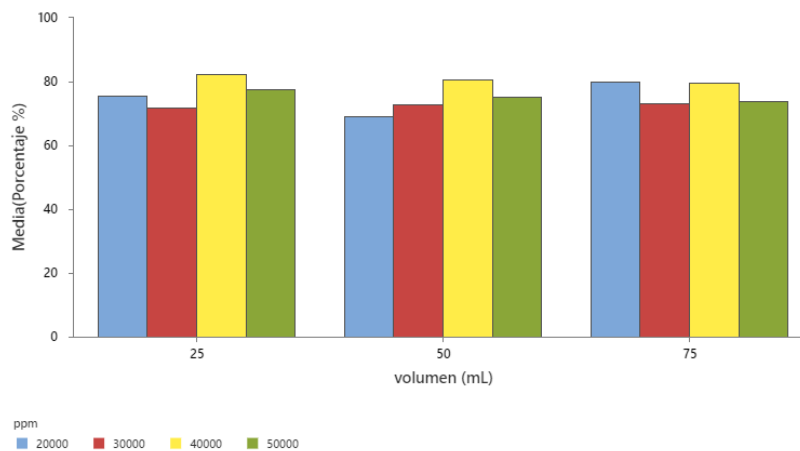
Dosis optima del coagulante de Aloe vera para la remoción de turbidez del sector azucarero



De acuerdo a la gráfica 5 la dosis óptima del coagulante de *Caesalpinia spinosa* presenta un volumen de 25, 50, 75 ml en los ensayos realizados con concentraciones de 20000, 30000, 40000, 50000 ppm de coagulante de *Caesalpinia spinosa* en la remoción de turbidez de agua residual del sector azucarero, tiene una remoción 82% en un volumen de 25 ml en una concentración de 40000 ppm.

Gráfica 6

Dosis optima del coagulante de Caesalpinia spinosa para la remoción de turbidez del sector azucarero



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La causa de la turbidez de aguas residuales del sector azucarero, provienen de la alimentación de calderas, limpieza y desinfección de sistemas de equipos auxiliares, torres de enfriamiento, dilución de mieles, lavado de centrifugas, lavado de la torta de los filtros (Rodriguez et al., 2016). En la presente investigación, se evalúan parámetros físicos como turbidez, pH de las aguas residuales del sector azucarero, bajo las limitaciones sanitarias y sociales por la presencia de un agente biológico que afecta la salud humana, restricciones de salidas, transporte y desplazamiento en espacios abiertos con distanciamiento social, equipos de protección personal, se tomaron en cuenta para toma de la muestra.

La turbidez se mide en el turbidímetro HACH modelo 2100Q, tiene como resultado 351 NTU y el multiparametro HACH modelo HQ40d muestra un pH de 5.4, de acuerdo al estudio realizado por Rodriguez et. al (2016) explican que el valor promedio de la turbidez de agua residual de una planta azucarera es 553 NTU siendo similar a la muestra de la investigación, según Baños (2018) la turbidez es una propiedad óptica de la dispersión de la luz, se mide en UNF/NTU unidades nefelométricas de turbidez, indicando que a mayor turbidez, mayor cantidad de partículas en suspensión, aumentan la presencia de bacterias, virus, protozoos, materia orgánica. Es necesario la remoción de turbidez en el agua porque los elevados niveles de turbidez afectan a la desinfección, siendo un riesgo microbiológico para el ser humano (Martinez et al., 2020).

La investigación tiene como finalidad determinar el efecto de los coagulantes naturales como *Aloe vera* y *caesalpinia spinosa* en la remoción de turbidez de aguas residuales, los coagulantes naturales son compuestos bioactivos de extractos de plantas que contienen

mucilagos, gomas o proteínas para actuar como un proceso de neutralización de cargas, genera la ruptura del equilibrio termodinámico por la formación de la doble capa eléctrica del coloide (Banchón et al.,2016). Asimismo, la formación de una doble capa se debe a la atracción de partículas de carga positiva sobre la superficie de coloides de carga negativa en la región interfaz sólido -líquido en el agua formando una doble capa, se reduce la repulsión eléctrica por la introducción de un electrolito o coagulante con carga opuesta a las partículas del agua (Fuquene et al.,2018).

En la investigación se determina concentraciones de 20000, 30000,40000, 50000 ppm con dosis de 25, 50, 75 ml del coagulante natural de *Aloe vera*, presenta mayor efecto de remoción de turbidez una concentración de 40000 ppm con una dosis óptima de 25 ml se reduce la turbidez a 46.6 NTU, el gel de *Aloe vera* se considero un coagulante por su composición de glucomanano un polisacárido formado manosa y giberelina hormonas de crecimiento del gel o mucilago que aumenta la síntesis de colágeno (Dominguez et al., 2011). Además, Morales (2019) explica que el mucilago en los coagulantes naturales funciona como absorción y formación de puente de partículas coloidales de carga negativa de las aguas residuales, son atraídas por cargas positivas del mucilago de *Aloe vera* y *caesalpinia spinosa*. En el artículo de Muruganandam (2017) evalúa el grado de eficiencia de agentes naturales como *Moringa Oleifera* y *Aloe vera* presentan una dosis óptima de 5 mg/L en un pH de 5. En otra investigación el uso de Aloe vera como coagulación y floculación en el tratamiento de aguas residuales tiene como resultado una dosis óptima de 7% (40 mg/l) que remueve 76-80% de la turbidez (George et al.,2018).

Por otro lado, se determina concentraciones de 20000, 30000, 40000,50000 ppm con dosis de 25,50, 75 ml del coagulante de *Caesalpinia spinosa*, la concentración de mayor efecto de remoción de la turbidez en aguas residuales es de 40000 ppm con una dosis de 25 ml presenta una remoción de turbidez de 61.94 UNT, según Terrones (2019) explica

que la goma de *Caesalpinia spinosa* esta compuesta por polisacáridos como hidrocoloide que se encuentra en las semilla de *Caesalpinia spinosa*, su composición química es un galactomano conformado por galactosa y manosa que es un polímero biodegradable que actúa como clarificador, el endosperma de la semilla contiene 80% de galactomano. Asimismo, en una investigación de la bioacumulación de aguas residuales para mejorar la calidad del agua se usa policloruro de aluminio versus *Caesalpinia spinosa*, teniendo esta última alta demanda de remoción de materia orgánica, logrando una remoción de turbidez de 24% (Revelo et al., 2015). En otra investigación se utiliza como coagulantes *Moringa oleífera* y *Caesalpinia spinosa* 10.8 g/l en aguas residuales en un pH de 1 y 6, presentando una remoción turbidez de 79.4% a 92.1% y un pH de 10 y 12,5, se tiene una remoción de 81,6 y 99,2% (Bachon et al., 2016).

Se compara el efecto de remoción de turbidez de agua residual del sector azucaero mediante los coagulantes naturales de *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa* para cumplir los estándares de calidad ambiental de agua descritos en el D.S 004 -2017 – MINAM Categoría 1 poblacional y recreacional subcategoría agua superficiales, destinadas a la producción de agua potable con una turbiedad 100 NTU para ser potabilizada con un tratamiento convencional, los resultados con el tratamiento de *Aloe vera* son de 46.6 NTU, comparado a los resultados de la muestra inicial de 351 NTU, presenta una eficiencia de remoción de 86.69 % en una concentración de 40000 ppm de *Aloe vera* en un volumen de 25 ml, en paralelo el coagulante de *Caesalpinia spinosa* presenta una remoción de turbidez de 61.94 UNT, a una concentración de 40000 ppm en un volumen de 25 ml con una eficiencia de remoción de 82.35%, menor a la eficiencia del coagulante de *Aloe vera*. Asimismo, un estudio de la goma de *Caesalpinia spinosa* indica que reduce la dosis de sulfato de aluminio en niveles de turbidez de 30 NTU, sin embargo , una turbidez de 400 NTU no reduce la dosis de coagulantes químicos, la capacidad de

coagulación es más efectiva cuando la turbidez es menor (Mamani et al.,2019). Por otro lado, el exceso de coagulante natural restablece la estabilidad coloidal mediante la repulsión de cargas, se usan en condiciones extremas como alta concentraciones de salinidad, alcalinidad, pH encima de 12 (Banchón et al., 2016).

Los beneficios de los coagulantes como *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa* recae en su accesibilidad del producto, en el Perú se produce el 80% de *Caesalpinia spinosa* a nivel mundial, asimismo, en la región La Libertad se produce el 13%, de igual forma el *Aloe vera* es producido en el valle Jequetepeque (MINAGRI, 2016), los coagulantes naturales son productos orgánicos que tienen ventajas sobre polímeros sintéticos o sales metálicas, son biodegradables, tienen un carácter orgánico que minimiza el cambio de conductividad y pH, logran eliminar o reducir sales en el agua, reducen costos y corrosión que produce las sales (Fuquene et al., 2018)

4.2 Conclusiones

- Se determino como parámetros fisicoquímicos en aguas residuales del sector azucarero son de 5.3 pH, turbidez 351 UNT que provienen de los procesos de la alimentación de calderas, torres enfriamiento, preparación de productos químicos, dilución de mieles, lavado de centrifugas, lavado filtros.
- Se determino la concentración y dosis optima del coagulante de *Aloe vera* en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero es de 46.6 NTU en una concentración de 40000 ppm en una dosis de volumen de 25 ml con tres repeticiones, presentando una eficiencia de 86.69 %.
- Se determino la concentración y dosis optima del coagulante de *Caesalpinia spinosa* en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero es de 61.94 NTU en una concentración de 40000 UNT en una dosis optima de 25 ml con tres repeticiones, presentando una eficiencia de 82.35%

- Se comparo los resultados obtenidos de la remoción de los tratamientos Aloe vera, Caesalpinia spinosa en aguas residuales del sector azucarero se debe a su composición de mucilago que atrae partículas de carga negativa, pero tiene mayor eficiencia la remoción del mucilago de Aloe vera al 86.69 %.,que funciona con la ionización galacturónico junto con los iones H⁺ facilitando la neutralización de la carga de las partículas coloidales.

REFERENCIAS

- Arboleda, J. (1992). *teoria de la coagulación del agua*. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Obtenido de Autoridad Nacional del Agua: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Bachón, C., Riardo, B., Muñoz, D., & Zambrano, L. (16 de Diciembre de 2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400111
- Banchon, C., Baquerio, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque*, 111-126. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626009/html/#B13>
- Baños, A. (2018). *La importancia de la turbidez en la técnica instrumental*. Obtenido de Asociación Española de empresas del sector del agua: https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_16-Turbidez%20en%20la%20t%C3%A9cnica%20instrumental.pdf
- Barajas, C., & León, A. (2015). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio en el proceso de coagulación y floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial*. Obtenido de Universidad Santo Tomas: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2916/Barajasclaudia2015.pdf>
- Constitución Política del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú*. Obtenido de Plataforma digital única del estado peruano: <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/informes-publicaciones/196158-constitucion-politica-del-peru>
- Dávila, M., Huaman, M., Flores, J., Polo, R., & Araujo, N. (2018). *Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación para la clarificación de aguas turbias en épocas de avinidas en caserios y centro poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas*. Obtenido de Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/download/583/721?inline=1
- De la Hoz, y., Izquierdo, Y., & Lopez, O. (2017). Caracterización y tratamiento de aguas residuales del central azucarero Manuel Fajardo para disminuir la contaminación en la fabricación de azúcar. *ICIDCA*, 72-74. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223158039011.pdf>
- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. (2019). *Estándares de Calidad Ambiental del agua*. Obtenido de Diario Oficial El Peruano: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- Decreto Supremo N°031 - 2010 SA. (2010). *Reglamento de la calidad del agua*. Obtenido de Diario Oficial El Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Dominguez, R., Arzate, J., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderon, G., . . . Gutierrez, G. (2011). El gel de Aloe vera. Obtenido de Scielo: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v11n1/v11n1a3.pdf>
- Ferraro, G. (2009). *Revisión de la aloe vera en la dermatología actual*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.ar/pdf/rad/v90n4/v90n4a04.pdf>
- Fuquene, D., & Yate, A. (2018). Ensayo de jarras para el control de procesos de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *ECAPMA*. Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2771/2857>
- George, K., & Anitha, K. (Marzo de 2018). Uso de Aloe vera para el tratamiento de agua residual como coagulante y floculante . 5. Malabar. Obtenido de <http://www.ijaiet.com/wp-content/uploads/2018/05/use-of-aloevera-juice-for-waste-water-treatment-by-coagulation-and-flocculation.pdf>
- Guzman, L., Villabona, A., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales. *Scielo*, 253,262.
- Inglesias, M. (2018). *Optimización de los procesos de coagulación y floculación en la planta de potabilización perteneciente al canton cañar*. Obtenido de Universidades de Cuenca -Ecuador: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30444/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Jappsem, J., Mamani, V., & Matos, R. (2019). Influencia de la goma de Tara como ayudante en el proceso de coagulación y floculación para la remoción de turbidez de una suspensión artificial de bentonita. *Scielo*. Obtenido de Scielo: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-299.pdf>
- Kopytko, M. I., Rueda Villamizar, E. P., & Rincon Picón, Y. (mayo de 2014). Application of Natural Product (Aloe Vera) in Coagulation-Flocculation Procedures, for Water Treatability Study. 3. Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. Obtenido de http://www.ijesit.com/Volume%203/Issue%203/IJESIT201403_58.pdf
- Ley 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*. Obtenido de Ministerio Ambiental de Perú: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Mamani, V., A, R., Chamorro, M., & J, J. (octubre de 2019). Influencia de la Goma de Tara (Caesalpinia spinosa) como Ayudante en el Proceso de Coagulación-Floculación para la Remoción de Turbidez de una Suspensión Artificial de Bentonita. Lima, Lima, Lima. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500299&script=sci_arttext&tlng=en
- Manterola, C., & Pineda, V. (2008). El valor de p y la significación estadística. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-40262008000100018

- Martinez, M., Mendoza, J., Medrano, B., Gomez, L., & Zafra, C. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierias*, 15-24.
- Melo, O., Lopez, L., & Melo, S. (2020). *Diseño de experimentos*. Bogota, Colombia. Obtenido de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Estadistica/Diseno_de_Experimentos/DisenodeExperimentos.pdf
- Ministerio de Agricultura y riego. (2022). *Dirección General de Políticas Agrarias*. Obtenido de Panorama mundial y nacional del azúcar ante variaciones de precios : <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3035139/Panorama%20del%20az%C3%BAcar%20ante%20variaciones%20de%20precios.pdf>
- Ministerio de desarrollo agrario y riego. (2016). *Perú produce el 80% de la tara a nivel mundial*. Obtenido de Ministerio de desarrollo agrario y riego: <https://www.midagri.gob.pe/portal/notas-de-prensa/2009/2900-peruproduce-el-80-de-la-tara-a-nivel-mundial>
- Morales, J. (2019). *La determinación del poder coagulante de la sábila para la remoción de la turbidez en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano - Oxapampa*. Obtenido de Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1422/1/T026_70495263_T.pdf
- Motito, J., Rosseaux, O., & Toro, D. (2014). Estudio de las aguas industriales y residuales en la UEB central azucarero "Paquito Rosales". *Scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300001
- Muruganandam, L., Saravana Kumar, M. P., Jena, A., Gulla, S., & Godhwani, B. (Noviembre de 2017). Treatment of waste water by coagulation and flocculation using. Nadu, Nadu, India. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/263/3/032006/meta>
- Naranjo, A., Torres, J., & Cabezas, E. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Sangolqui, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15424/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pawar, T. A., & Gawande, S. M. (junio de 2016). Aloe Vera Juice Treatment on Water by Coagulation Flocculation Process. Parvati, Pune, India. Obtenido de <https://ijeter.everscience.org/Manuscripts/Volume-4/Issue-6/Vol-4-issue-6-M-17.pdf>
- Raviolo, A. (2021). Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones: análisis de imágenes de libros de texto universitario. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2020000300119&script=sci_arttext
- Revelo, A., Proaño, D., & Banchón. (24 de Marzo de 2015). Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinosa*. *Scielo*, 6. Obtenido de

http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422015000100001

- Rodriguez, Y., & Gaviño, M. (2016). *Propuesta de un plan de mejora de la calidad de las aguas de la acequia la cachaza ubicado en el distrito de pomalca para su reuso como agua de proceso en la empresa agroindustrial Polmalca*. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8900/Rodriguez_Edquen_Yuli_Shalira_y_Gavi%C3%B1o_Tirado_Milagros_Katherine.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Terrones, A. (2019). *Dosis optima de la goma Cesalpinia spinosa para la mejora de la calidad del agua del rio chancay -Lambayeque*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35919/Terrones_VAC.pdf?sequence=1
- Yara . (2020). *Principios agronomicos en caña de azúcar*. Obtenido de Nutrición Vegetal de Caña de Azúcar: <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/pricipios-agronomicos-en-cana-de-azucar/>

ANEXOS

Anexo 1. Matrices de investigación

Tabla 20

Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE 1	METODOLOGIA
¿Qué efecto presenta Aloe Vera (sábila) y Caesalpinia spinosa (taya) en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero?	<p>H0: El Aloe vera y caesalpinia spinosa no tienen un efecto significativo en la remoción de la turbidez en las aguas residuales del sector azucarero</p> <p>H1: El Aloe vera y caesalpinia spinosa tienen un efecto significativo en la remoción de la turbidez en las aguas residuales del sector azucarero</p>	<p>Evaluar el efecto de Aloe Vera, Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero</p>	<p>El efecto de Aloe Vera, Caesalpinia spinosa</p>	<p>Diseño experimental</p> <p>Diseño : Se realiza una investigación experimental que evalúa el efecto en las variables en condiciones controladas con un diseño factorial $2^3 \times 3$ según Melo et al (2020) el diseño factorial está formado por las combinaciones de los niveles de los factores a estudiar, la manipulación de dos o más variables independientes en un mismo experimento en función de la cantidad de niveles de tratamiento, consiste en 2 factores que son Aloe Vera (Sábila) y Caesalpinia spinosa (Taya) ambos con 3 niveles que son la dosis de 25 mg/l, 50 mg/l, 75mg/l, realizando 3 repeticiones a las pruebas</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se analiza las características fisicoquímicas de las aguas residuales del sector azucarero. - Se obtienen los mucilagos de Aloe Vera y Caesalpinia spinosa. - Se realiza pruebas de jarras con el mismo tiempo y velocidad a diferentes concentraciones de los mucilagos. - Se analiza los resultados con el programa de MNITAB

		OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE 2	Población
		<p>Determinar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del sector azucarero.</p> <p>Determinar la concentración y dosis optima del coagulante de Aloe vera en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero</p> <p>Determinar la concentración y dosis optima del coagulante de Caesalpinia spinosa en la remoción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero</p> <p>Comparar los resultados obtenidos de la remoción de los tres tratamientos Aloe Vera, Caesalpinia spinosa en el sector azucarero</p>	<p>Reducción de la turbidez en aguas residuales del sector azucarero</p>	<p>Población: La población de la investigación son aguas residuales del sector azucarero de la provincia de Trujillo, en la región La Libertad en el año 2020.</p> <p>Muestra: La muestra es una parte de la población para conocer datos específicos de la investigación (Naranjo et. al, 2018). La recolección de la muestra compuesta del estudio cumple con el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua calculando una muestra de 48 litros en 12 muestras simples de 4000 ml de agua residual del sector azucarero cada 15 minutos.</p>

Tabla 21

Matriz de operacionalización

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Efecto de Aloe vera (sábila) y Caesalpinia spinosa (tara)	Inglesiás (2018) explica que el procedimiento de coagulación del agua es la desestabilización química de partículas coloidales que tiene cargas negativas, microorganismos agregando sustancias de carga positiva para generar un efecto de neutralización de cargas, también interviene una fuerza externa de energía como la agitación rápida para una mezcla de sustancias	Raviolo (2021) explica que la concentración es una disolución de elementos, es la proporción entre el soluto que es el componente de menor cantidad y el disolvente que es el elemento de mayor cantidad expresado en fracción molar, partes por millón	Dosis		mg/L
				Optima		
				Velocidad de agitación		
				Tiempo de sedimentación		segundos
VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de Turbidez	Baños (2018) explica que la turbidez es una propiedad óptica de la dispersión de la luz, se mide en UNF/NTU unidades nefelométricas de turbidez, los métodos cuantitativos de medir la turbiedad en agua son nefelometría medición de la luz dispersa en 90°	Terrones (2019) los procedimientos de coagulación y floculación mediante vasos de precipitación con la finalidad de observar la formación de floculos agregando diversas dosis de coagulantes para la remoción de turbidez mediante una mezcla rápida y una mezcla lenta en un test de jarras.	% de remoción de sólidos	$\% \text{ remoción} = \frac{\text{turb. inicial} - \text{turb. final}}{\text{turbidez inicial (ntu)}} \times 100$	NTU

Anexo 2. Monitoreo de agua

Tabla 22

Ficha de Identificación de punto de monitoreo de agua residual

Ficha de identificación de punto de monitoreo	
Nombre del cuerpo de agua	canal de regadio
Clasificación	agua superficial
Descripción (origen/ubicación)	laredo - trujillo
Finalidad del monitoreo	tesis
Distrito	Laredo
Provincia	Trujillo
Departamento	La Libertad
Elaborado	leyla alina segura pelaez

Tabla 23

Ficha de etiqueta para muestra de agua residual

Etiqueta para muestra de agua			
Nombre laboratorio	Físico		
Código punto de monitoreo	Laredo		
Tipo de cuerpo de agua	Agua de canal		
Muestreado	Leyla alina segura pelaez		
Parámetro	Ph – turbidez		
Preservante	No	Reactivo	no

Tabla 24.

Registro de datos de campo

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE											
				Codigo	FOR-01	Fecha	26/07/2022				
				Version	1	Pagina	1				
Punto de monitoreo	Descripción de ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas norte	Coordenadas este	Fecha	Hora	Turbidez	Ph
PM-01	Canal de regadio	Laredo	Trujillo	Trujillo	La Libertad	9104545.00 ms	724146.00 m E	26- Jul-22	10:30	351	5.4

Tabla 25.

Cadena de custodia


CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRA DE AGUA																															
		CODIGO		FOR 01				FECHA				2012- 07-10																			
		VERSION		01				PAGINA				1 DE 1																			
FECHA MUESTREO (1): 6 de Julio del 2020						HORA (2): 10:00 a.m																									
RESPONSABLE MUESTREO (3): Leyla Alina Segura Pelaez						FIRMA (4):																									
Muestra de agua																															
DEPARTAMENTO (9)			La Libertad			SITIO DEL MONITOREO (10)			Canal de regadío – distrito de Laredo –provincia Trujillo																						
CODIGO MUESTRA (11)	N° DE MUESTRA (12)	HORA DE MUESTRA	TOMA DE MUESTRA (14)			PRESERVADO (15)		TIPO DE MUESTREO (16)			TIPO DE AGUA										TIPO Y CANTIDAD DE RECIPIENTES (18)										
			FECHA					SIMPL	COMPU	INTEGR	ARI	ARD	AP	A CRUDA	A. SUPERFICIAL	A. SUBTERRAN	A. LLUVIAS	A. RESIDUAL	A. PROCESO	H.	H. PERIFITON	H.	H.	H.	H. PECES	LODO	SUELO - CORTE	CENIZAS	MATERIA	PLASTICO (N° RECIPIENTES)	VIDRIO (N° RECIPIENTES)
			AÑO	MES	DIA	SI	NO																								
M-001	1	10:00	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-002	1	10:15	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-003	1	10:30	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-004	1	11:15	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-005	1	11:30	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-006	1	12:00	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-007	1	12:30	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-008	1	13:00	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-009	1	13:30	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-010	1	14:00	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-011	1	14:30	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
M-012	1	15:00	2022	07	06	X	X									X											X			4000	
RECHAZADA			SI NO			OBSERVACIONES (24): CANAL DE REGADIO																									

Ilustración 1.

Mapa de ubicación de punto de monitoreo

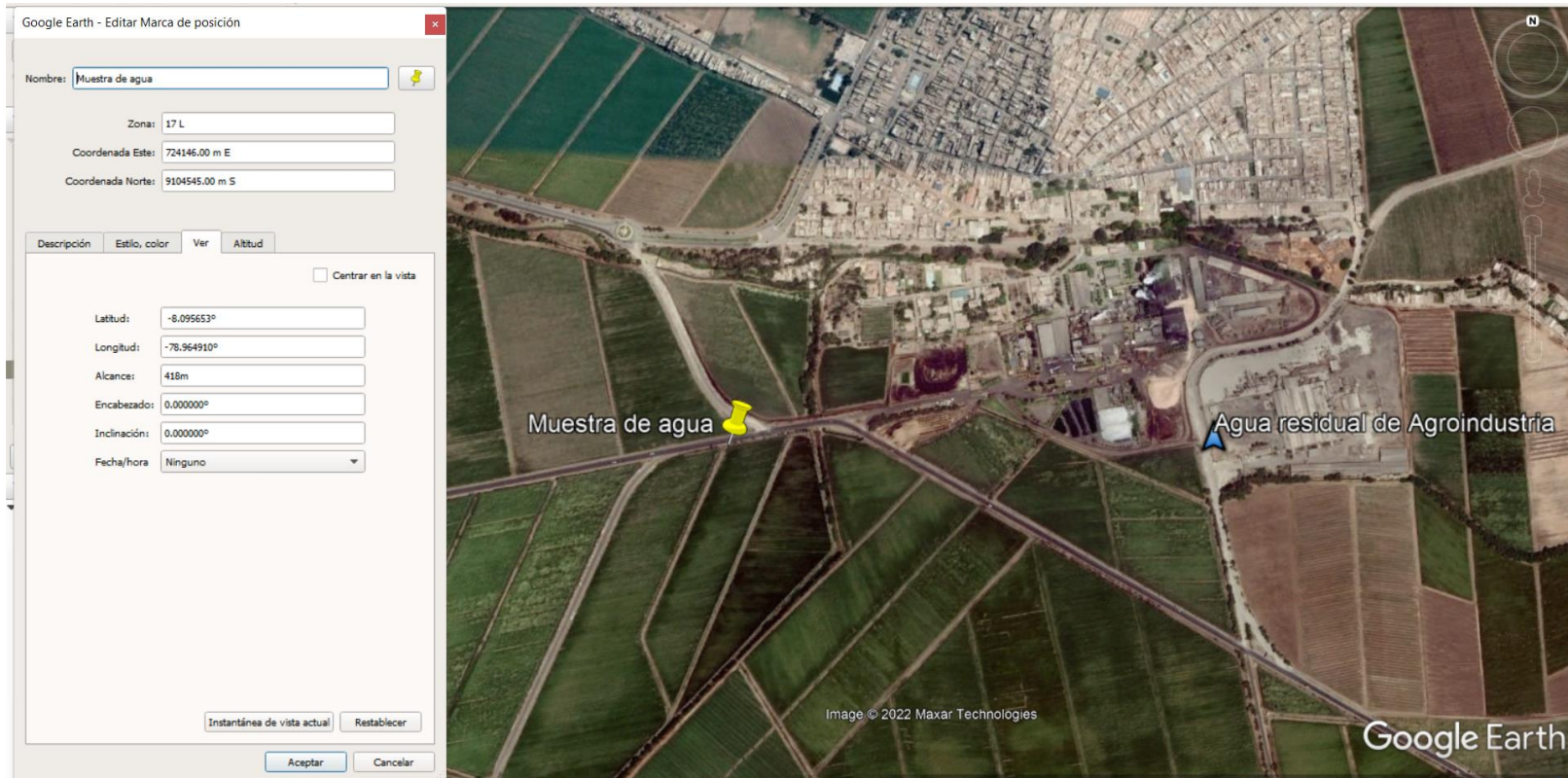


Ilustración 2.

Muestreo de agua en punto de monitoreo




Ilustración 3

Resultado de pH en campo




Ilustración 4.

Resultados de laboratorio de la turbidez



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2024714 Rev. 0**


IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					E-01
FECHA DE MUESTREO					11/12/2020
HORA DE MUESTREO					10:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Físicoquímicos					
Turbidez	EW_APHA2130B	NTU	0.1	0.2	504.0 (**) ± 12.6

Notas:


El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(**) Los resultados del ensayo no se encuentran dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo solicitado. Los resultados se emiten a solicitud del cliente.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2024714 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2130B	Callao	Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.: 2017. Turbidity. Nephelometric Method

Ilustración 5.

Medición de turbidez inicial de agua con el equipo multiparámetro



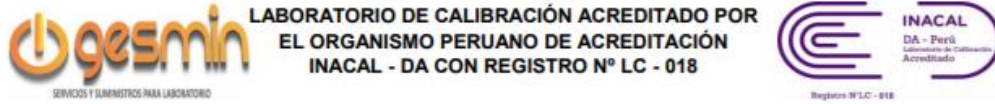
Ilustración 6.


Medición de Oxígeno disuelto inicial de la muestra de agua con el equipo multiparámetro



Ilustración 7.

Ficha de calibración de pH – metro



CERTIFICADO DE CALIBRACION		LAB. FÍSICO QUÍMICA	
LFQ - 162 - 2019		Pág. 1 de 2	
EXPEDIENTE	E19122740	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza. Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición. Nuestros certificados de calibración sin firmas y sello del carecen de toda validez alguna.</p> <p>Observaciones:</p> <p>(*) Alcance y resolución para el parámetro de pH. El equipo posee múltiples parámetros, según manual del fabricante.</p>	
SOLICITANTE	INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL		
DIRECCIÓN	S.A.C. Cal.Pacifico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurin, Lurin - Lima - Lima.		
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO		
INFORMACIÓN DE INDICADOR			
MARCA	HACH		
MODELO	HQ40d		
NUMERO DE SERIE	150400018463		
INTERVALO DE INDICACIONES	0,00 pH a 14,00 pH (*)		
RESOLUCIÓN	0,01 pH (*)		
INFORMACIÓN DE ELECTRODO			
MARCA	HACH		
MODELO	PHC101		
NUMERO DE SERIE	131682561018		
PROCEDENCIA	USA		
UBICACIÓN	No indica		
FECHA DE CALIBRACIÓN	2019-12-03		
TEMP. DE REFERENCIA	25 °C		
SELLO	FECHA DE EMISIÓN	GERENTE TÉCNICO	GERENTE DE OPERACIONES
	2019-12-05	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chávez

CERTIFICADO DE CALIBRACION LFQ - 162 - 2019

Pág. 2 de 2

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Físico Química (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos)

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa con Material de Referencia Certificado (MRC), según PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH"; Segunda Edición - Junio del 2017; INACAL-DM

PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Análisis
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 4,011 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4287-10265947
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 6,997 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY , Certificado N° 4288-10453247
Material de referencia: NIST- EEUU	MRC de pH 10,016 con valor de incertidumbre 0,011 unidades de pH (25 °C)	CONTROL COMPANY, Certificado N° 4289-10023731

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de referencia del INACAL-DM	Termómetro digital con un valor de incertidumbre igual a 0,032 °C (en 25 °C)	INACAL-DM , Certificado N° LT-251-2019

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	Minima	Máxima
Temperatura (°C)	26,5	26,8
Humedad Relativa (%HR)	63,2	63,4

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN ANTES DEL AJUSTE (AS FOUND DATA)

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,95	4,01	-0,06	0,02
7,00	7,00	0,00	0,02
9,79	10,02	-0,23	0,02

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	Minima	Máxima
Temperatura (°C)	26,7	27,0
Humedad Relativa (%HR)	64,0	66,2

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DESPUES DEL AJUSTE (AS LEFT DATA)

Indicación del pHmetro (pH)	Valor de referencia (pH)	Error de indicación (pH)	Incertidumbre (pH)
3,94	4,01	-0,07	0,02
7,05	7,00	0,05	0,02
9,98	10,02	-0,04	0,02


Notas

- La medición fue realizada en un medio isoterma a una temperatura de 25 °C
- Longitud de inmersión: 2 cm

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Ilustración 8 .

Ficha de calibración del multiparámetro



Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
LMI-COP066-2019

Fecha de emisión: 01/11/2019
Issue date

1.- SOLICITANTE : INVESTIGACIONES ECONOMICAS EN MINERIA, ENERGÍA E HIDROCARBUROS S.A.C.
Applicant
Dirección : CAL. LUIS ROMERO NRO. 1050 URB. ROMA, LIMA – LIMA - LIMA
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MULTIPARAMETRO
Measuring Instrument : MULTIPARAMETER : 1 10200051268 (del equipo)
Marca : HACH Serie : 120732583001 (del medidor Ce)
Brand Serial : 131422599025 (de la sonda de OD)
142262618011 (de la sonda de pH)

Modelo : HQ40d (del medidor) Procedencia : USA
Model : CDC401 (de la sonda Ce) Made in
LDO101 (de la sonda de OD)
PHC201 (de la sonda pH)

Resolución : 1 µS/cm; 0.01 pH; 0.01 mg/L

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calbrado el día 01/11/2019 en el Laboratorio de INVEM S.A.C.
Date and place of calibration Calibration on 01/11/2019 in the INVEM S.A.C. Laboratory.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Determinación del error de medición del conductímetro, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

Conductividad Eléctrica

INSTRUMENTO / EQUIPO Instrument / Equipment	MARCA Brand	NÚMERO DE LOTE Lot number
Solución Estándar 250 ml.	HACH	A9220


Oxígeno Disuelto

- La calibración se efectuó estrictamente según lo estipulado por el manual del fabricante.
- Se utilizó como referencia: Zero Oxygen Solution – Lot. 8315 / Botella DBO

pH

MATERIAL DE REFERENCIA Reference material	MARCA Brand	MODELO Modelo	NÚMERO DE LOTE Lot number
Solución Buffer ph. 4.01	HACH	2283449	A9232
Solución Buffer ph. 7.00	HACH	2283549	A9226
Solución Buffer ph. 10.01	HACH	2283649	A9213A

6.- RESULTADOS
Results
Los resultados se muestran en la página 03 del presente documento
The results are shown on page 03 of this document



Pág. 1 de 3
Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe



Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
LMI-COP066-2019

Fecha de emisión: 01/11/2019
Issue date

9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
CALIBRATION RESULTS

Conductividad Eléctrica

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL CONDUCTÍMETRO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1399 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-14 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Oxígeno Disuelto

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL OXIGENO DISUELTO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
0.0 mg/L	0.0 mg/L	0.0 mg/L	0.1 mg/L

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DEL OXIGENO DISUELTO	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
100.0 %	100.0 %	0.0 %	5.0 %

pH

VALOR DE REFERENCIA	VALOR MEDIDO DE PH	ERROR DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE
4,01	4,01	0,01	0,01
7,0	7,0	0,00	0,01
10,01	10,02	0,01	0,01

INVESTIGACIONES ECONÓMICAS EN
MINERÍA, ENERGÍA Y HIDROCARBUROS S.A.C.
[Firma]
Msc. Celso JOSÉ LUIS GONZÁLEZ JANA C.
Gerente General



FIN DEL DOCUMENTO
END OF DOCUMENT

Pág. 3 de 3

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Ilustración 9.

Ficha de calibración del turbidímetro



**Certificado de Calibración
LMG - 161 - 2019**

		Pág. 1 de 2	
N° DE EXP.	E19112718	<p><i>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura de aproximadamente k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95% de confianza.</i></p> <p><i>Los resultados reportados son válidos sólo para el objeto calibrado y corresponden a las condiciones y momento en que se realizó la calibración y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos. Al solicitante y/o usuario le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.</i></p> <p>Observaciones</p> <p>(*) Rango de indicación según el manual del fabricante.</p> <p>(**) Resolución observada durante la calibración. El equipo posee múltiples resoluciones, según el manual del fabricante.</p>	
SOLICITANTE	INSTITUTO DE EDUCACION AMBIENTAL S.A.C.		
DIRECCION	Cal.Pacifico Mza. 29 Lote 9 A.H. Nuevo Lurin, Lurin - Lima - Lima.		
TIPO DE EQUIPO	TURBIDÍMETRO PORTÁTIL DIGITAL		
MARCA	HACH		
MODELO	2100Q		
NUMERO DE SERIE	14070C034047		
ALCANCE DE INDICACIÓN	0 NTU a 1000 NTU (*)		
RESOLUCIÓN	0,01 N; 0,1 N; 1NTU (**)		
PROCEDENCIA	China		
IDENTIFICACION	No indica		
FECHA DE CALIBRACIÓN	2019-11-29		
SELLO	FECHA DE EMISIÓN	GERENTE TÉCNICO	GERENTE DE OPERACIONES
	2019-12-02	 Alexander Alza Zamudio	 Wilmer Mena Chavez

Jr. Antonio Cabo N°596. Urb. El Trébol - Los Olivos / servicio@gesmin.pe / metrologia@gesmin.pe / www.gesmin.pe / Teléfono: 6224286



Certificado de Calibración LMG - 161 - 2019

Pág. 2 de 2

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Metrología de GESMIN S.R.L. (Jr. Antonio Cabo N° 596, Los Olivos - Lima).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Determinación del error del Turbidímetro, por comparación entre el valor medido por el instrumento y el valor proporcionado por materiales de referencia

MATERIAL DE REFERENCIA CERTIFICADO (MRC) EMPLEADO

Los resultados obtenidos tienen trazabilidad a patrones internacionales. Se utilizó material de referencia certificado.

Trazabilidad	Patrón utilizado	N° de Lote / N° de catalogo
MR de Hach Company	Material de referencia 0,05 NTU	A8274 / 2684701
MR de Hach Company	Material de referencia 20 NTU	A8275 / 2684801
MR de Hach Company	Material de referencia 100,9 NTL	A8274 / 2684901
MR de Hach Company	Material de referencia 809,7 NTL	A8274 / 2660501

CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	24,1	24,1
Humedad Relativa (%HR)	65,2	65,8

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Indicación (NTU)	Valor de referencia (NTU)	Error (NTU)	INCERTIDUMBRE (NTU)
0,12	0,05	0,07	0,06
19,8	20,0	-0,2	1,2
98,4	100,9	-2,5	5,8
798	809,7	-11,7	46,2

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Jr. Antonio Cabo N°596, Urb. El Trébol - Los Olivos / servicios@gesmin.pe / metrologia@gesmin.pe / www.gesmin.pe /
Teléfono: 6224286

Anexo 3. Tratamiento de Aloe Vera

Ilustración 10.

Lavado y picado de Aloe vera



Ilustración 11.

Pesar Aloe vera y macerado



Ilustración 12.

Medir el coagulante de Aloe vera



Ilustración 13.

Test de Jarra con Aloe vera



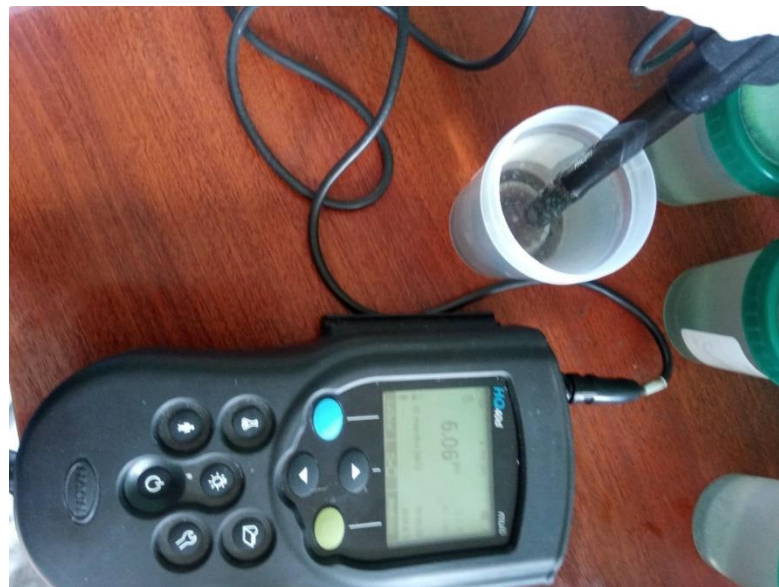
Ilustración 14.

Medición de turbidez al agua con tratamiento de Aloe vera



Ilustración 15 .

Medición de pH al agua con tratamiento de Aloe vera



Anexo 4. Resultados del tratamiento de Aloe vera

Tabla 26

Resultados de turbidez con el tratamiento de 2000 ppm Aloe vera

		Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
20000	25	R1	144	139	133	127	135.75	129.58
		R2	124	116	119	122	120.25	
		R3	137	134	132	128	132.75	
	50	R1	104.1	106.5	107.8	109.2	106.9	106.9
		R2	103.2	108.4	107.2	106.8	106.4	
		R3	106.3	106.2	109.8	107.3	107.4	
	75	R1	166.7	161.8	168.2	160.4	164.275	164.98
		R2	161.8	164.4	163.8	165.6	163.9	
		R3	168.7	166.4	165.1	166.8	166.75	

Tabla 27.

Resultados de turbidez con el tratamiento de 3000 ppm Aloe vera

Concentración	dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones		
30000	25	R1	84	86	85	88	85.75	85.17		
		R2	81	89	83	82	83.75			
		R3	88	83	86	87	86			
	50	50	R1	75	79	77	78	77.25	76.00	
			R2	74	76	79	78	76.75		
			R3	73	72	77	74	74		
		75	R1	52.8	50.5	51.3	52.1	51.675		50.81
			R2	53.2	48.9	50.9	52.9	51.475		
			R3	48.2	49.3	50.4	49.2	49.275		

Tabla 28

Resultados de turbidez con el tratamiento de 4000 ppm Aloe vera

concentracion	dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
40000	25	R1	46.8	49.2	45.8	44.9	46.675	46.68
		R2	45.4	46.6	45.3	49.6	46.725	
		R3	46.5	46.7	46.6	46.72	46.63	
	50	R1	66.7	66.2	68.2	64.2	66.325	63.68
		R2	58.1	59.3	56.7	58.4	58.125	
		R3	66.2	67.1	66.8	66.3	66.6	
	75	R1	52.7	51.6	51.4	52	51.925	52.63
		R2	51.8	52.6	52.3	52.7	52.35	
		R3	53.5	54.6	53.2	53.1	53.6	

Tabla 29

Resultados de turbidez con el tratamiento de 5000 ppm Aloe vera

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
50000	25	R1	68.1	68.6	67.3	68.2	68.05	67.96
		R2	67.4	67.5	66.1	67.1	67.025	
		R3	69.2	68.9	68.2	68.9	68.8	
	50	R1	80.8	82.1	81.3	82.6	81.7	84.31
		R2	88.1	86.1	85.6	87.7	86.875	
		R3	87.3	83.2	82.3	84.6	84.35	
	75	R1	97.9	96.2	89.3	85.9	92.325	93.92
		R2	97.4	92.4	93.9	96.4	95.025	
		R3	91.3	97.4	96.8	92.1	94.4	

Tabla 30

Resultados de pH con el tratamiento de 20000 ppm Aloe vera

		Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
20000	25	R1	5.79	6.06	6.19	6.15	6.05	5.62
		R2	5.83	5.43	5.03	5.67	5.49	
		R3	5.23	5.01	5.23	5.87	5.34	
	50	R1	4.44	4.22	4.65	4.76	4.52	4.33
		R2	4.01	4.56	4.28	4.14	4.25	
		R3	4.18	4.45	4.12	4.16	4.23	
	75	R1	4.24	4.19	4.28	4.25	4.24	4.28
		R2	4.36	4.41	4.23	4.45	4.36	
		R3	4.22	4.29	4.17	4.21	4.22	

Tabla 31

Resultados de pH con el tratamiento de 30000 ppm de Aloe vera

		Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
30000	25	R1	4.68	4.79	4.76	4.78	4.75	4.62
		R2	4.76	4.56	4.37	4.34	4.51	
		R3	4.58	4.79	4.23	4.81	4.60	
	50	R1	4.73	4.92	4.87	4.96	4.87	4.89
		R2	4.84	4.89	4.81	4.95	4.87	
		R3	4.98	4.92	4.91	4.89	4.93	
	75	R1	5.1	5.45	5.78	5.69	5.51	5.63
		R2	5.86	4.89	5.87	5.83	5.61	
		R3	5.45	5.43	5.56	5.42	5.78	

Tabla 32

Resultados de pH con el tratamiento de 40000 ppm de Aloe vera

	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
40000	25	R1	3.61	3.54	3.62	3.87	3.7
		R2	3.41	3.46	3.48	3.51	3.5
		R3	3.62	3.68	3.64	3.61	3.6
		R1	3.84	3.88	3.76	3.68	3.8
	50	R2	3.81	3.86	3.78	3.81	3.8
		R3	3.82	3.85	3.82	3.86	3.8
		R1	3.71	3.74	3.78	3.75	3.7
	75	R2	3.62	3.63	3.68	3.64	3.6
		R3	3.72	3.77	3.73	3.74	3.7

Tabla 33

Resultados de pH con el tratamiento de 50000 ppm de Aloe vera

		Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
50000	25	R1	3.63	3.64	3.66	3.64	3.64	3.60
		R2	3.57	3.52	3.59	3.54	3.56	
		R3	3.61	3.62	3.56	3.58	3.59	
	50	R1	3.64	3.58	3.67	3.61	3.63	3.55
		R2	3.42	3.41	3.64	3.43	3.48	
		R3	3.61	3.59	3.48	3.47	3.56	
	75	R1	3.51	3.52	3.51	3.54	3.52	3.50
		R2	3.56	3.57	3.54	3.53	3.55	
		R3	3.44	3.48	3.43	3.42	3.44	

Anexo 5. Tratamiento de *Caesalpinia spinosa*

Ilustración 16

Lavado y molido de Caesalpinia spinosa



Ilustración 17.

Pesar de *Caesalpinia spinosa* y macerado



Ilustración 18.

Medir la concentración de Caesalpinia spinosa



Ilustración 19.

Medición de turbidez al agua con tratamiento de Caesalpinia spinosa



Ilustración 20

*Medición de pH al agua con tratamiento con *Caesalpinia spinosa**



Anexo 6.Resultado del tratamiento de Caesalpinia spinosa

Tabla 34

Resultado de turbidez con el tratamiento de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
20000	25	R1	86	88.5	88.7	88.3	87.88	85.99
		R2	88.6	88.1	88.2	89.2	88.53	
		R3	81.3	81.1	82.2	81.7	81.58	
	50	R1	103	101	102	104	102.5	108.07
		R2	108	109.4	107.3	110	108.7	
		R3	112	113.4	114	112.7	113.0	
	75	R1	69.1	69.7	71.1	72.4	70.58	70.03
		R2	71.3	71.5	72.1	72.7	71.90	
		R3	66	68.7	68.3	67.5	67.63	

Tabla 35

Resultado de turbidez con el tratamiento de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
30000	25	R1	99.1	98.4	98.9	98.5	98.725	98.38
		R2	98.5	98.7	98.4	98.6	98.55	
		R3	98.5	97.7	97.7	97.5	97.85	
	50	R1	92.4	95.3	95.7	93.2	94.15	94.70
		R2	95.2	96.1	94.7	95.3	95.325	
		R3	95.1	94.8	94.1	94.5	94.625	
	75	R1	57.1	56.1	56.8	55.7	56.425	56.22
		R2	55.8	55.4	56.1	55.2	55.625	
		R3	56.1	57.3	56.2	56.8	56.6	

Tabla 36

Resultado de turbidez con el tratamiento de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
40000	25	R1	61.7	62.4	61.5	61.3	61.725	61.94
		R2	60.8	61.6	61.3	61.5	61.3	
		R3	62.2	63.5	62.8	62.7	62.8	
	50	R1	67.1	68.3	68.8	67.4	67.9	67.95
		R2	68.4	68.3	68.1	68.5	68.325	
		R3	67.3	67.2	68.1	67.9	67.625	
	75	R1	70.2	72.6	71.4	71.5	71.425	71.70
		R2	71.7	71.9	72.4	71.1	71.775	
		R3	71.9	71.5	71.8	72.4	71.9	

Tabla 37

Resultado de turbidez con el tratamiento de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
50000	25	R1	77.1	78.2	78.9	78.2	78.1	78.48
		R2	79.8	78.1	78.4	77.3	78.4	
		R3	78.8	79.2	79.7	78.1	78.95	
	50	R1	86.9	86.2	86.3	86.4	86.45	87.04
		R2	88.5	87.4	88.1	88.9	88.225	
		R3	86.2	86.3	86.5	86.8	86.45	
	75	R1	92.2	92.3	91.7	92.5	92.175	91.31
		R2	91.2	90.7	90.3	90.7	90.725	
		R3	91.4	90.6	90.6	91.5	91.025	

Tabla 38

Resultado de pH con el tratamiento de 20000 ppm de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
20000	25	R1	3.84	3.88	3.91	4.02	3.91	3.89
		R2	3.76	3.79	3.95	3.89	3.85	
		R3	3.82	3.94	4.01	3.84	3.90	
	50	R1	3.62	3.47	3.68	3.53	3.58	3.58
		R2	3.58	3.63	3.52	3.66	3.60	
		R3	3.55	3.59	3.62	3.45	3.55	
	75	R1	3.22	3.34	3.27	3.14	3.24	3.23
		R2	3.17	3.16	3.19	3.21	3.18	
		R3	3.23	3.28	3.24	3.29	3.26	

Tabla 39

Resultado de pH con el tratamiento de 30000 ppm de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
30000	25	R1	3.78	3.71	3.76	3.74	3.75	3.77
		R2	3.86	3.7	3.6	3.82	3.75	
		R3	3.87	3.85	3.7	3.83	3.81	
	50	R1	4.09	3.98	4.01	4.05	4.03	4.00
		R2	3.85	4.07	3.98	4.03	3.98	
		R3	3.79	4.16	3.95	4.01	3.98	
	75	R1	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.77
		R2	3.78	3.62	3.83	3.77	3.75	
		R3	3.93	3.35	3.77	3.65	3.68	

Tabla 40

Resultado de pH con el tratamiento de 40000 ppm de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
40000	25	R1	4.29	4.31	4.33	4.27	4.30	4.30
		R2	4.32	4.34	4.31	4.36	4.33	
		R3	4.28	4.27	4.25	4.24	4.26	
	50	R1	4.18	4.15	4.13	4.12	4.15	4.21
		R2	4.15	4.22	4.27	4.24	4.22	
		R3	4.21	4.26	4.31	4.33	4.28	
	75	R1	4.01	4.1	4.05	4.12	4.07	4.13
		R2	4.15	4.18	4.12	4.09	4.14	
		R3	4.14	4.22	4.25	4.16	4.19	

Tabla 41

Resultado de pH con el tratamiento de 50000 ppm de Caesalpinia spinosa

Concentración	Dosis	Repetición	J1	J2	J3	J4	Promedio	Promedio de repeticiones
50000	25	R1	4.11	4.08	4.12	4.07	4.10	4.13
		R2	4.14	4.13	4.19	4.17	4.16	
		R3	4.16	4.12	4.09	4.22	4.15	
	50	R1	4.05	4.02	4.06	4.1	4.06	4.05
		R2	4.02	4.03	4.04	4.07	4.04	
		R3	4.06	4.08	4.02	4.04	4.05	
	75	R1	3.85	3.57	3.64	3.82	3.72	3.74
		R2	3.78	3.75	3.72	3.84	3.77	
		R3	3.81	3.69	3.76	3.63	3.72	