

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



**“EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO A
PARTIR DEL BAGAZO DE LA SEMILLA DE *Moringa oleífera*
PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL
RIO MALA, EN LA LOCALIDAD DE AZPITIA PROVINCIA DE
CAÑETE 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

SANTOS PIO ALVAREZ LOPEZ

Callao, 2022
PERÚ

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Santos Pio Alvarez Lopez".

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MS.C. MARÍA TERESA VALDERRAMA ROJAS : PRESIDENTE

DR. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA : MIEMBRO

MTRA. JANET MAMANI RAMOS : MIEMBRO

MS.C. MARIA ANTONIETA GUTIERREZ DIAZ : MIEMBRO

ASESOR: MG. ELVA ESPERANZA TORRES TIRADO

LIBRO N° 001- FOLIO: 015

ACTA N° 006-2022

FECHA DE SUSTENTACIÓN...22 DE DICIEMBRE DE 2022

DEDICATORIA

*Dedicado a todos los ambientalistas,
los hijos predilectos de Dios;
pues su Ideario, el Desarrollo Sostenible,
preservará su maravillosa creación.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios (de Spinoza).

A mi familia.

A Mtra. Elva Torres, Mtra. María Gabriel, Dr. Juan Medina y Ing. Frank Martínez por su invaluable apoyo.

A la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLA	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE GRÁFICOS	7
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.4 Limitantes de la investigación.....	16
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Bases teóricas.....	25
2.3 Conceptual.....	46
2.4 Definición de términos básicos.....	47
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	54
3.1 Hipótesis.....	54
3.1.1 Hipótesis general.....	54
3.1.2 Hipótesis específicas.....	54
3.2 Definición conceptual de variables: $Y = f(X)$	54
3.2.1. Variable independiente (X).....	54
3.2.2. Variable dependiente (Y).....	56
3.3 Operacionalización de variables.....	57
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	58
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	58

4.2	Método de investigación	59
4.3	Población y muestra	65
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	67
4.5	Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	69
4.6	Análisis y procedimiento de datos	70
V.	RESULTADOS	72
5.1.	Resultados Experimentales	72
5.2.	Resultados Descriptivos sobre la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala	75
5.3.	Resultados inferenciales de los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río mala.....	82
5.4.	Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.....	91
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	104
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	109
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	110
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	114
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
	ANEXOS.....	122
	Anexo 1 <i>Matriz de consistencia.....</i>	122
	Anexo 2 <i>Instrumento de recolección de datos experimentales</i>	124
	Anexo 3 <i>Análisis de las Aguas Sintéticas (I)</i>	125
	Anexo 4 <i>Análisis de las Aguas Sintéticas (II)</i>	126
	Anexo 5 <i>Análisis de las Aguas Sintéticas (III)</i>	127
	Anexo 6 <i>Análisis de las Aguas Sintéticas (IV).....</i>	128
	Anexo 7 <i>Análisis comparativo entre las eficiencias del coagulante orgánico frente a los coagulantes inorgánicos, respecto a la remoción de la turbidez.</i>	129
	Anexo 8 <i>Estándares de Calidad Ambiental</i>	130
	Anexo 9 <i>Análisis de cationes de la torta proteica o bagazo de la semilla de</i>	

<i>Moringa oleífera</i>	131
Anexo 10 <i>Resultado de evaluación de los parámetros de la remoción de la turbidez de las aguas superficiales del río Mala en Azpitia.</i>	132
Anexo 12 <i>Proyecto de la “Ley que declara se interés y necesidad pública promover el cultivo, producción, industrialización, comercialización y exportación de Moringa oleífera para consumo humano”</i>	135
Anexo 13 <i>Constancia emitida por el laboratorio SQA de uso de laboratorio.</i>	
136	
<i>Evidencias del desarrollo de la tesis</i>	137

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Taxonomía vegetal.....	27
Tabla 2 Valores Nutricionales de la Moringa oleífera.....	30
Tabla 3: Aminograma del Bagazo o Torta Proteica de la Moringa oleífera	32
Tabla 4: Tipos de partículas en suspensión según su tamaño.....	37
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	57
Tabla 6 Diseño de investigación	59
Tabla 7 Aspectos generales de la cuenca.....	66
Tabla 8 Instrumento de recolección de datos.....	70
Tabla 9 Análisis del Agua Superficial de Azpitia (I)	72
Tabla 10 Análisis del Agua Superficial de Azpitia (II)	74
Tabla 11 Análisis del Agua Superficial de Azpitia (III)	74
Tabla 12 Eficiencia del coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera para la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala.....	82
Tabla 13 Eficiencia del coagulante de bagazo de la semilla de Moringa oleífera para mejorar las propiedades fisicoquímicas de las aguas del rio Mala.....	83
Tabla 14 Eficiencia del coagulante de bagazo semilla de Moringa oleífera para la remoción de la turbidez en agua sintética de caolín.....	83
Tabla 15 Eficiencia del coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera para mejorar las propiedades fisicoquímicas en agua sintética de caolín.....	84
Tabla 16 Evaluación de la Eficiencia del coagulante torta proteica, para la remoción de la turbidez del agua sintética de caolín con turbidez inicial de 62 NTU	100
Tabla 17 Eficiencia del coagulante natural torta proteica para la remoción de la Turbidez del agua sintética de caolín con turbidez inicial de 183,3 NTU	101
Tabla 18 Eficiencia de la torta proteica como coagulante natural para la remoción de la Turbidez del agua sintética de caolín con Turbidez inicial de 272 NTU	102

Tabla 19 Prueba Paramétrica ANOVA	106
Tabla 20 Resumen de Prueba de Hipótesis para la Remoción de Turbidez en las Aguas del Río Mala.....	107
Tabla 21 Prueba de Kruskal-Wallis para las Aguas del Rio Mala.....	107
Tabla 22 Resumen de prueba de hipótesis para la remoción de turbidez en aguas sintéticas de caolín	108
Tabla 23 Prueba de Kruskal-Wallis para las Aguas Sintéticas de Caolín.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zonas favorables al cultivo de la Moringa oleífera	26
Figura 2 Arbol de Moringa oleífera	27
Figura 3: Partes de la moringa y sus usos	29
Figura 4: Semillas de Moringa Oleífera	30
Figura 5: Equipo Soxhlet y máquina de extracción de aceite	31
Figura 6: Mecanismo de acción de MO2.1. Su capacidad floculante con la arcilla	33
Figura 7 Doble capa de una partida coloidal	38
Figura 8: Fuerzas de Atracción y Repulsión.....	39
Figura 9: Esquema del func. de los reactivos de coagulación y floculación	41
Figura 10 Serie de Estándares de turbidez basados en formazina	45
Figura 11 Nefelometría	50
Figura 12 Equipo Test de Jarras del LOPU, FIQ-UNAC	52
Figura 13 Formación de la Formazina.....	53
Figura 14 Tomando muestras al final del proceso de remoción de turbidez FIQ-UNAC	63
Figura 15 Mediciones de las Variables al Inicio del Proceso en el Laboratorio de Soluciones Químicas Ambientales SQA.....	64
Figura 16: Diagrama de Flujo Utilizando solo la Torta Proteica de Moringa oleífera	64
Figura 17: Diagrama de Flujo comparativa coagulantes orgánicos e inorgánicos.....	65
Figura 18 Ubicación de Azpitia en el Plano de Lima Sur.....	66
Figura 19 Punto de toma de muestra en el río Mala	67
Figura 20 Control del pH, turbidez, temperatura, conductividad y solidos totales iniciales en cada muestra, en el laboratorio de SQA	68
Figura 21 Muestras en proceso de coagulación-floculación y sedimentación...68	
Figura 22 Laboratorio de Operaciones Unitarias de FIQ-UNAC con el equipo Test de Jarras	69

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de turbidez del río Mala a 30 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera	75
Gráfico 2 Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de la turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante Bagazo de semilla de Moringa oleífera	76
Gráfico 3 Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de la turbidez a los 90 minutos aplicando el coagulante la torta proteica	77
Gráfico 4 Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 30 minutos aplicado el coagulante torta proteica de semilla de moringa	77
Gráfico 5 Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante de torta proteica	78
Gráfico 6 Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 90 minutos de aplicado el coagulante torta proteica	78
Gráfico 7 Diagrama de Cajas de bigotes de pH de aguas del río Mala a 30 minutos aplicado la torta proteica como coagulante.....	79
Gráfico 8 Diagrama de Cajas y bigotes de pH del río Mala a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera	79
Gráfico 9 Diagrama de Caja y bigotes del pH de las Aguas del río Mala a 90 minutos aplicado el coagulante torta proteica	80
Gráfico 10 Medias de pH de las Aguas del Río Mala a 30 minutos aplicado la Torta Proteica como coagulante natural.....	80
Gráfico 11 Medias de pH de las Aguas del Río Mala a 60 Minutos Aplicado el coagulante Torta Proteica	81
Gráfico 12 Medias de pH de las aguas del río Mala a 90 minutos aplicado el coagulante torta proteica	81
Gráfico 13: Histograma de porcentajes de remoción de turbidez a 30 minutos aplicado el coagulante torta proteica	85
Gráfico 14 Histograma de porcentajes de remoción de turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera	85

Gráfico 15 Histograma de Porcentajes de remoción de turbidez a 90 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera	86
Gráfico 16 Histograma del pH de las aguas del río Mala a 30 minutos aplicado la torta proteica.....	86
Gráfico 17 Histograma del pH de las aguas del río Mala a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera.....	87
Gráfico 18 Histograma del pH a los 90 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural.	87
Gráfico 19 Histograma de conductividad de las aguas del río Mala a 30 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural.....	88
Gráfico 20 Histograma de Conductividad de las aguas del río Mala a 60 minutos aplicado la torta proteica como coagulante.....	88
Gráfico 21 Histograma de Conductividad de las aguas del río Mala a 90 minutos de aplicado el coagulante torta proteica	89
Gráfico 22 Histograma de Sólidos disueltos totales de las aguas del río Mala a 30 minutos de aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera	89
Gráfico 23 Histograma de Sólidos disueltos totales a 60 minutos aplicado la torta proteica como coagulante	90
Gráfico 24 Histograma de Sólidos disueltos totales a 90 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural.....	90
Gráfico 25 Comportamiento de la turbidez de las aguas del río Mala en función con el parámetro pH	92
Gráfico 26 Comportamiento de la turbidez de las aguas del río Mala evaluado con el parámetro Conductividad.....	92
Gráfico 27 Comportamiento de la Turbidez de las aguas del río Mala en función del parámetro TDS.....	93
Gráfico 28 Variación de la turbidez en el agua sintética de caolín en función del pH.....	94
Gráfico 29 Comportamiento de la Turbidez en agua sintética de caolín en función del parámetro Conductividad	94

Gráfico 30 Comportamiento de la turbidez en agua sintética de caolín en función del parámetro TDS.....	95
Gráfico 31 Calidad del agua del río Mala según el parámetro Turbidez después de aplicar la solución de bagazo de la semilla de Moringa oleífera como coagulante	96
Gráfico 32 Calidad del agua del río Mala según el parámetro, pH después de aplicar el coagulante de bagazo de semilla de moringa	96
Gráfico 33 Calidad del agua del río Mala según el parámetro Conductividad después de aplicar el coagulante torta proteica	97
Gráfico 34 Calidad del agua del río Mala según el parámetro de TDS después de aplicar la solución de bagazo de semilla de moringa como coagulante natural.....	97
Gráfico 35 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar la torta proteica como coagulante natural.	98
Gráfico 36 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de pH después de aplicar el coagulante natural torta proteica	99
Gráfico 37 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Conductividad después de aplicar el coagulante natural torta proteica.	99
Gráfico 38 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro TDS después de aplicar la torta Proteica como coagulante natural.	100
Gráfico 39 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 62 NTU.....	101
Gráfico 40 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 183,3 NTU.....	102
Gráfico 41 Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 272 NTU.....	103

RESUMEN

Según informe del World Resources Institute (WRI), 3500 millones de personas podrían sufrir escasez de agua en el 2025 debido a la contaminación, cambio climático y uso desmesurado, produciendo graves consecuencias como enfermedad y hambruna. Este informe evidencia un problema que requiere urgente solución, motivando la búsqueda de nuevos métodos para satisfacer estas necesidades hídricas, siendo una de ellas, clarificar aguas turbias utilizando el bagazo de la semilla de la *Moringa oleífera*. Esta capacidad, se debe a que presentan aminoácidos catiónicos de alta masa molecular que favorecen las propiedades de coagulación y floculación, por esta razón, en el presente trabajo se estudió la eficiencia de este bagazo como coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala.

En esta investigación se utilizó un equipo test de jarras, un turbidímetro y un analizador multiparámetro (pH, conductividad, sólidos totales y temperatura), además de otros materiales y reactivos propios del laboratorio. Se preparó una solución madre de 10 000 ppm de bagazo para luego diluirlos a 300, 500 y 700 ppm y así evaluar su eficiencia como coagulante-floculante en las muestras de agua del río Mala con diferentes grados de turbidez (20,3; 328 y 342 NTU) y agua sintética (64,5; 111,3; 141; 181,1; 245 y 272 NTU), considerando los pH de trabajo de (5, 7 y 9) y a diferentes tiempos de sedimentación (30, 60 y 90 min), pues, por su naturaleza orgánica presentan lentos mecanismos de reacción.

Los resultados registraron una eficiencia de remoción de turbidez de hasta 98,27% a 700 ppm, 90 min y pH 7,8 para aguas del río Mala y de 90,84% de sedimentación a 700 ppm, 110 min y pH 8,0 para aguas sintéticas. Comparados con los coagulantes inorgánicos: sulfato de aluminio, poli cloruro de aluminio y cloruro férrico, se observó que el primero de ellos tuvo mejor rendimiento, lo que justifica su intensivo uso en la potabilización del agua, que además va asociado con su bajo costo en relación a la de la semilla de moringa. Pero el coagulante natural presenta ventajas sanitarias y ambientales, asociados con los lineamientos del desarrollo sostenible.

Palabras clave: *Moringa oleífera*, desarrollo sostenible, coagulación-floculación, coagulante natural, remoción de turbidez.

RÉSUMÉ

Selon un rapport du World Resources Institute (WRI), 3,5 milliards de personnes pourraient souffrir de pénuries d'eau en 2025 en raison de la pollution, du changement climatique et d'une utilisation excessive, entraînant de graves conséquences telles que la maladie et la famine. Ce rapport met en évidence un problème qui nécessite une solution urgente, motivant la recherche de nouvelles méthodes pour satisfaire ces besoins en eau, l'une d'elles étant de clarifier l'eau trouble à l'aide de la bagasse de la graine de Moringa oleifera. Cette capacité est due au fait qu'ils présentent des acides aminés cationiques de masse moléculaire élevée qui favorisent les propriétés de coagulation et de floculation, pour cette raison, dans le présent travail, l'efficacité de cette bagasse en tant que coagulant naturel pour l'élimination de la turbidité des eaux a été étudié de la rivière Mala.

Dans cette enquête, une unité de test en bocal, un turbidimètre et un analyseur multiparamètre (pH, conductivité, solides totaux et température) ont été utilisés, en plus d'autres matériaux et réactifs de laboratoire. Une solution mère de 10 000 ppm de bagasse a été préparée puis diluée à 300, 500 et 700 ppm et ainsi évaluer son efficacité comme coagulant-floculant dans des échantillons d'eau de la rivière Mala avec différents degrés de turbidité (20,3 ; 328 et 342 NTU) et de l'eau synthétique (64,5 ; 111,3 ; 141 ; 181,1 ; 245 et 272 NTU), compte tenu du pH de travail de (5, 7 et 9) et à des temps de sédimentation différents (30, 60 et 90 min), car, du fait de leur nature organique, ils présentent des mécanismes de réaction lents.

Les résultats ont enregistré une efficacité d'élimination de la turbidité allant jusqu'à 98,27 % à 700 ppm, 90 min et pH 7,8 pour les eaux de la rivière Mala et 90,84 % de sédimentation à 700 ppm, 110 min et pH 8,0 pour les eaux synthétiques. Par rapport aux coagulants inorganiques : sulfate d'aluminium, polychlorure d'aluminium et chlorure ferrique, il a été observé que le premier d'entre eux présentait de meilleures performances, ce qui justifie son utilisation intensive en épuration des eaux, qui est également associée à son faible coût par rapport à celui du graine de moringa. Mais le coagulant naturel présente des avantages sanitaires et environnementaux, associés aux orientations du développement durable.

Mots clés : Moringa oleifera, développement durable, coagulation-floculation, coagulant naturel, désturbidité.

INTRODUCCIÓN

La turbidez de las aguas superficiales, ha sido un problema que el hombre aprendió a resolverlo empleando para su remoción coagulantes inorgánicos como el sulfato de aluminio, eficiente y barato. Pero, su empleo excesivo produce lodos contaminantes y otros problemas sanitarios (Guerra, 2018). Esto, hace que el hombre vuelva su mirada hacia la naturaleza para producir coagulantes, principalmente a partir de las semillas, por presentar proteínas catiónicas de alta masa molecular que lo hacen comportarse como eficientes coagulantes y floculantes naturales. En este trabajo, el objetivo general es determinar la eficiencia del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala; siendo la variable dependiente la remoción de la turbidez y la variable independiente la eficiencia del bagazo de semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural, evaluándose mediante los indicadores: turbidez, pH, sólidos totales en suspensión y conductividad, además, de la concentración de las soluciones preparadas con la torta proteica de semilla y tiempos de sedimentación.

La presente investigación es de tipo aplicada con diseño experimental, enfoque cuantitativo y nivel explicativo (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, p. 122). El método analítico utilizado es instrumental, para la medición de la turbidez es el nefelométrico utilizando un turbidímetro y un multiparámetro para la determinación del pH, conductividad y sólidos totales, además para la determinación de la composición proteica se realizó en laboratorios acreditados cuyos resultados se presenta en los anexos.

Los resultados descriptivos sobre la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala fueron evaluados utilizando diagramas de cajas-bigotes y de porcentajes de remoción. Los resultados inferenciales de los factores que influyen en la remoción de la turbidez, fueron obtenidos utilizando la prueba ANOVA cuando las cantidades presentan distribución normal y la prueba de Kruskal-Wallis y Dunn-Bonferroni, si no tienen distribución normal. Se obtuvo una remoción de turbidez del 98,27% a una concentración del coagulante natural de 700 ppm y un pH de 7,8.

Es importante anotar, que, debido a los cambios estacionales, la variación

de turbidez es drástica, pero este delimitante se superó utilizando aguas sintéticas con diferentes grados de turbidez, para ello se utilizó caolín a diferentes concentraciones, determinándose la eficiencia del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural, con una remoción del 90,84% a 700 ppm y pH 8,00; se comparó la eficiencia del coagulante natural frente a coagulantes inorgánicos: sulfato de aluminio, policloruro de aluminio (PAC) y cloruro férrico observándose porcentajes de remoción de 96,50% para el coagulante natural y de 97,55%, 95,29% y 98,25% respectivamente para los coagulantes inorgánicos, los dos primeros se emplean en la potabilización del agua y el cloruro férrico por ser de un color marrón oscuro es empleado en aguas residuales e industriales. (Sierra-Guatame, 2016).

Otras aplicaciones del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, son el de ayudar a eliminar los coliformes presentes en el agua (Oliveira et. al. 2018) y, además, los lodos que se generan en el tratamiento de aguas, se pueden utilizar como un fertilizante de buena calidad (Estrada et. al. 2022), contribuyendo así al Desarrollo Sostenible.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El río Mala es la principal fuente de abastecimiento de agua potable en la localidad de Azpitia, distrito de Santa Cruz de Flores, provincia de Cañete. Este río tiene una cuenca que va desde los 0,00 m.s.n.m. (playa Totoritas) hasta los 5897 m.s.n.m. (nevado Ticlla), siendo su longitud de 131 181 km y una pendiente promedio de 3,83% desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano Pacífico (ANA, 2015). Como es característico en los ríos de la costa peruana, en los meses de estiaje (agosto y setiembre) la poca agua que fluye es casi cristalina con una turbidez de menos de 10 NTU, pero en los meses de crecida (febrero y marzo) el caudal es tan alto que sus aguas pueden exceder fácilmente los 400 NTU. Como los ECA exigen disminuir a valores igual o menos de 5 NTU para ser considerada apta para el consumo humano, a la fecha se sigue utilizando coagulantes inorgánicos que pueden ocasionar enfermedades neurológicas como el Alzheimer y lodos contaminantes del medio ambiente (Matías-Cervantes, *et al.*, 2017). Una alternativa, para evitar estos contaminantes es el empleo del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural, que es producto de un residuo después de la extracción de aceite a lo cual se le está dando un reuso.

En la presente, investigación se decide optimizar la eficiencia del bagazo o torta proteica como coagulante natural, en función a los factores que influyen en la remoción de la turbidez como son los parámetros, concentración, pH y tiempo. Pero, por su naturaleza orgánica del coagulante natural, su mecanismo de reacción es lenta por tal motivo se puede obtener una eficiencia parecida a los coagulantes inorgánicos, pero a mayor tiempo.

Además, el bagazo de la semilla de moringa, presenta eficientes cualidades y ventajas sanitarias y ambientales como: Acción antimicrobiana que protege de infecciones a los seres humanos y la

formación de lodos que pueden ser utilizados como fertilizantes, amigables con el ecosistema (Feria-Diaz, *et al.*, 2016).

Por lo tanto, se formuló el siguiente problema

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la eficiencia del Coagulante Natural obtenido a partir del Bagazo de la Semilla de *Moringa Oleífera* para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala, en la localidad de Azpitia provincia de Cañete 2022??

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las Propiedades fisicoquímicas que determinan la caracterización del coagulante natural obtenido del bagazo o torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*?
- ¿Cuáles son los factores que influyen en la remoción de turbidez de las aguas del río Mala con el coagulante natural obtenido del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*?
- ¿Cuáles son los parámetros que determinan la calidad del agua después del tratamiento, con el coagulante natural obtenido del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala, en la localidad de Azpitia provincia Cañete 2020.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las Propiedades fisicoquímicas que determinan la caracterización del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural.

- Determinar los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala con el bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural.
- Analizar los parámetros que determinan la calidad del agua después del tratamiento con el bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural.

1.4 Limitantes de la investigación.

1.4.1 Limitante teórica

Existe limitada información referente a la estructura compleja de los coagulantes y floculantes naturales, por ser proteínas de estructura cuaternaria, solo lo referencian por sus masas moleculares expresados en KDa (miles de unidades de masa atómica). Conocerlos permitiría mejorar los mecanismos de coagulación de las proteínas del coagulante de bagazo de semilla de moringa.

1.4.2 Limitante temporal

Respecto a la temporalidad pueden tomarse dos limitantes. La primera respecto a la correcta conservación del coagulante de bagazo, pues por ser orgánico debe conservarse protegida de la luz, calor, humedad, gorgojos, larvas y otros agentes que pueden descomponerlo. La segunda es la irregularidad del río Mala que como todo río de la costa peruana en épocas de estiaje tiene una turbidez menor a 10 NTU y en épocas de alto caudal más de 400 NTU, por tal motivo el estudio de la investigación sería anual. Se puede simular experimentalmente en cualquier momento, si es necesario, preparando aguas sintéticas con Caolín.

1.4.3 Limitante Espacial

La cuenca del río Mala se extiende por una amplia zona de la provincia de Cañete, en el presente estudio, se realizó con muestras tomadas en la localidad de Azpitia. La investigación se desarrolló en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la facultad

de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao terminándose en un laboratorio externo “Soluciones Químicas Ambientales SQA” por el problema de Pandemia Covid-19.

1.4.4 Limitante Económico

La Moringa es un árbol que, en los países asiáticos, africanos y de zonas tropicales de América, es considerado muy importante por su aporte nutricional y medicinal. En el Perú no ha tenido esa relevancia, por tener otras variedades de plantas similares, legado por el imperio de los Incas. El alto costo se debe al escaso cultivo de esta planta.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

a. **Meza** et al. (2018), evalúan la capacidad coagulante de la semilla de *Moringa oleífera* comparándola con el sulfato de aluminio, aplicando la técnica del Test de Jarras para simular el proceso de clarificación. La eficiencia registrada para el sulfato de aluminio fue del 96% y de las semillas de *Moringa oleífera* de 64%, pero, la ventaja de la semilla de la *Moringa oleífera* en el tratamiento del agua de la ciénaga del municipio colombiano Malambo Atlántico, es su inocuidad respecto al sulfato de aluminio.

b. **Mera** (2016) en su tesis, “Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia” analiza la acción de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante y floculante natural. Fue aplicado en aguas residuales del beneficio de café, con 2000 NTU y aguas provenientes del pelado químico de vegetales con 91,5 NTU. Se utilizó el test de jarras a 130 rpm, a 21,5°C y 30 minutos de agitación para aguas residuales del café y 15 minutos para las aguas del pelado químico. Se evaluaron la turbidez, el pH, la conductividad eléctrica, los cloruros, sólidos en suspensión y los coliformes totales y fecales. Se comparó con sulfato de aluminio a la misma dosificación observándose que empleando 4g/600mL del agua residual de beneficio de café se obtuvo la eficiencia fue del 80,9% con polvo de semilla de moringa y 73,5% con sulfato de aluminio y para 0,15 g/600mL del agua de pelado químico de vegetales se tuvo 66,75% de eficiencia con la moringa y 63,5% con el sulfato de aluminio; estableciéndose que la semilla de moringa es más eficiente en la mejora de los diferentes parámetros investigados.

c. **Fuentes** (2016) en su trabajo “Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del sulfato de aluminio para clarificación de aguas” observa que el agua superficial es de importancia vital, sin embargo, las aptas para el consumo y requieren el tratamiento con $Al_2(SO_4)_3$, sustancia muy eficiente aclarando el agua, pero que bio-acumulada en los seres humanos puede afectar su salud. Por esta razón el objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales *Moringa oleífera*, *Cactus opuntia*, algas marinas y almidón, como sustituyentes del sulfato de aluminio, para la clarificación de las aguas de consumo humano.

Para ello se analizó las aguas del río Cesar, en el municipio de San Juan del Cesar, departamento de La Guajira (Colombia), durante periodos seco y lluvioso con baja y alta turbiedad respectivamente, efectuándose tratamientos de simulación de fases de coagulación y floculación, utilizando diferentes dosificaciones. Las variables controladas fueron: color, turbiedad, OD, ST, conductividad DQO y pH. Los resultados fueron alentadores: 88.26% para moringa usando, 79.73 % para almidón; 81.14 % para algas y 98.41% para el cactus siendo el más eficiente. Finalmente se demostró que además de ser eficientes son seguros y económicos y con menor generación de lodos.

d. **Olivero** et al. (2017), en esta investigación usaron dos coagulantes naturales: el *Opuntia ficus* y la *Moringa oleífera*, comparándose sus desempeños frente al alumbre (sulfato de aluminio), pues el objetivo fue evaluar la eficiencia de tres coagulantes para la remoción de las partículas en suspensión en el tratamiento de las aguas del río Magdalena. Las variables analizadas fueron la turbidez y la absorbancia que al ser correlacionadas determinaron la dosis de clarifican te a usar para

cada muestra, utilizando un diseño experimental de 8x3x2. Los resultados de los coagulantes separados comparados con el sulfato de aluminio dieron valores aceptables para el agua potable de 2 UNT de turbidez y entre 0,10 y 0,20 para el color, exigidos en la normativa colombiana. Este trabajo concluye que al mezclar *Moringa oleífera* y *Opuntia ficus* la eficiencia de remoción de turbidez es mayor a 90 %, y la mezcla de alumbre con coagulantes naturales puede remover un 99 % de turbidez.

e. **Oliveira** et al. (2018), presentaron un trabajo que busca mostrar una nueva forma de tratamiento del agua, utilizando *Moringa oleífera*. Usando la semilla como coagulante, se preparó una solución a partir de ella, para ser más eficiente y garantizar la coagulación y la floculación debido que presenta proteínas catiónicas de alta masa molecular que desestabiliza las partículas en suspensión floculando los coloides. La solución de moringa reduce drásticamente el número de partículas en suspensión y microorganismos. La semilla tiene agentes coagulantes que ayudan a eliminar la turbidez, el color y los coliformes presente en el agua, además de no alterar su pH, siendo una buena alternativa para el tratamiento de aguas.

En este trabajo de investigación se probó la eficiencia de la semilla de *moringa* como coagulante natural en el tratamiento de aguas sintéticas con turbideces de 75 y 150 NTU. Estas muestras fueron traídas de la planta de tratamiento Pueblo Viejo, estado Zulia (Venezuela) y se acondicionaron añadiendo caolín para obtener los valores de turbidez deseados. En estos ensayos de laboratorio se evaluaron la turbidez, el color, pH y alcalinidad. Para el tratamiento de estas aguas sintéticas se prepararon soluciones de *Moringa oleífera* cuyas concentraciones fueron 300, 400, 500, 600 y 700 ppm. Los resultados de este tratamiento demostraron que se puede remover la turbidez de 75 a 150 NTU a valores mínimos de 8,5 a

14,9 NTU. Esta investigación demostró que para turbideces iniciales de 75 y 150 NTU las concentraciones óptimas de *Moringa oleífera* deberán ser de 500 ppm y 400 ppm, siendo sus eficiencias de remoción de 80,1% y 94,3% respectivamente.

2.1.2 Nacionales

a. **Pérez** (2019) en su tesis “Optimización de parámetros en la purificación del agua a base de biopolímeros orgánicos de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) y moringa (*Moringa oleífera*)” en la cual propone experimentar con otros coagulantes existentes en toda la región del país buscando reemplazar a las sales (hierro y aluminio) de uso común. Es por ello, que en esta investigación se analizó la eficiencia de remoción de la turbiedad y patógenos mediante la optimización de parámetros, a base de biopolímeros orgánicos de goma de tara y *Moringa oleífera*. Para ello se muestrearon agua cruda del río Rímac en las condenadas UTM: E 299620.09 N 8673136.07 a una altitud de 518 m.s.n.m. desarrollando ensayos en el laboratorio mediante la prueba de Test de jarras, con la ayuda del método estadístico de optimización de proceso con sus tres niveles (diseño de P-Burman; diseño Box-Behnken y diseño Compuesto Central Rotacional; y la estimación del modelo predictivo) se determinó las variables independientes (concentración de tara, de moringa, pH, velocidad alta y baja, volumen de dosificación de los coagulantes) más significativos para obtener una buena remoción de turbiedad y coliformes totales.

En los resultados se demostró que las variables más significativas y su efecto en la variable respuesta, fueron cinco: pH 5, volumen de dosis de tara 10 ml, concentración de tara 0.3 % volumen de dosis de moringa 22ml, y velocidad de mezcla lenta 20 rpm en la remoción de turbiedad y tres variables significativas volumen de tara 12ml, concentración 0.35%, volumen de dosis moringa 26ml a una concentración de 40% en la remoción de coliformes totales.

Logrando remover en total de 500 a 4 UNT de turbiedad y de 62000 a 800 UFC/100ml, con una eficiencia de remoción de turbiedad 99.20% y remoción de coliformes totales de 98.57%, además según las estimaciones desarrolladas a partir de los puntos óptimos se podría optimizar más el tratamiento.

b. Mejía (2016) en su tesis “Uso de la *Moringa oleífera* Lam. (MORINGACEAE) como coagulante natural para el tratamiento primario de aguas residuales domesticas” analiza el residuo extraído de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural (orgánico) , para sustituir a los coagulantes inorgánicos (químicos) en los procesos primarios (Coagulación, Floculación y Sedimentación) de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el estudio se llevó a cabo en la PTAR Puente Piedra, donde se analizó el caudal promedio para determinar la población y las capacidades de las muestras para los ensayos. La metodología aplicada fue realizar ensayos en test de jarras para determinar las dosis para cada método, 03 métodos para el coagulante natural y 01 método para el coagulante inorgánico (sulfato de aluminio), tomando como indicador inicial la turbidez y así determinar las dosis óptimas.

Las muestras con menor grado de turbidez se utilizaron para determinar los parámetros: DBO₅, DQO y SST, también se analizaron in situ los parámetros como: pH y temperatura. Los resultados obtenidos demostraron que el coagulante natural hecho del residuo de las semillas de *Moringa oleífera* tiene gran eficiencia en la remoción de turbidez y Sólidos Suspendidos Totales (SST), alcanzando valores de 87.3% y 88.8% respectivamente, valores cercanos al 92% y 94.5% obtenido con el coagulante químico. Así mismo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) tuvieron una eficiencia de 35% y -18.9% con el coagulante químico y 25.9% y 26.3% con el

coagulante natural. No obstante, la DQO incremento su valor respecto a agua cruda, porque la semilla de moringa tiene un alto contenido de materia orgánica. Se determinó también como mejor metodología; la aplicación de la semilla de *Moringa oleífera* con extracto en cloruro de sodio 1N (NaCl) a una concentración del 3% (p/v) considerando la cantidad de aplicación y resultados de los análisis.

c. Vela (2016) en su tesis “Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural *Moringa oleífera* en aguas obtenidas del rio Alto Chicama, puente Ingón, Trujillo 2016”; su objetivo principal, fue remover la turbidez del rio que tenía 297 NTU, realizando ensayos con cuatro concentraciones de (15 mL, 18 mL, 20 mL y 25 mL) de coagulante natural de la semilla de la *Moringa oleífera* y cuatro velocidades de agitación ((200 rpm (2´) con 60 rpm (15´) - 300 rpm (2´) con 80 rpm (15´) - 200 rpm (15´) con 80 rpm (2´) - 300 rpm (15´) con 60 rpm (2´)). Se realizaron 16 ensayos con 3 repeticiones. La turbidez se midió con un turbidímetro portátil HACH-21000Q al inicio y al final del tratamiento, se utilizó un equipo de test de jarras para realizar los ensayos de coagulación y floculación, cambiando las velocidades de agitación. Como conclusión se encontró que la semilla de *Moringa oleífera* si disminuye la turbidez del agua del Rio Alto Chicama siendo la mejor dosis D3 (20mL) y la mejor velocidad de agitación V2 con 300 rpm (2´) con 80 rpm (15´), alcanzando un pico de 93,10% de remoción. El coagulante natural tuvo un resultado eficiente en la remoción de la turbidez del rio Alto Chicama.

d. Campos (2020) en su tesis “Efecto coagulante de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) para clarificar agua del canal Monsefú, centro poblado Callanca, distrito Monsefú, 2019”; su objetivo principal fue evaluar el efecto coagulante de la semilla de

Moringa Oleífera, se tomaron muestras de agua del canal mencionado y se analizaron sus propiedades fisicoquímico obteniendo una turbidez inicial de 413 NTU, pH de 8 y conductividad de 818 $\mu\text{S}/\text{cm}$, posterior a esto se aplicó 3 dosis de polvo de semilla de moringa (0,2; 0,4 y 0,6 g) como coagulante natural, para tres alícuotas de 500 ml de muestra de agua, con una agitación rápida de 5 minutos y una agitación lenta de 20 minutos. Los resultados de remoción al aplicar el coagulante de la semilla moringa fueron: para 0,2 g de 413 NTU bajo a 48,1 NTU, para 0,4 g su reducción fue de 413 NTU bajo a 46,5 NTU y para 0,6 g bajo de 413 NTU a 54,8 NTU. Al término del experimento se concluyó que el mejor porcentaje de eficiencia con un 88,74 % se obtuvo con una dosis de 0,4 g de polvo semilla de moringa.

e. **Álvarez** (2017). En su tesis “Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla de *Moringa oleífera* como coagulante orgánico en la cuenca baja del río Chillón - Carabayllo 2017”, tuvo como objetivo evaluar el tratamiento de las aguas superficiales mediante el coagulante orgánico en la reducción de los parámetros físicos y químicos, se tomó en cuenta como población las aguas superficiales del Distrito de Carabayllo, como punto de monitoreo el puente Santa Rosa, utilizando como referencia el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatura N°010-2016-ANA).

El diseño de la investigación fue experimental – cuantitativa. Se preparó el coagulante de la semilla de moringa, se trituro en un molino hasta polvo muy fino mezclando está con agua destilada, con la finalidad de incrementar el porcentaje de lectina y activar los grupos funcionales del coagulante. Se preparó una solución patrón con una concentración 10 000 mg/L, del cual se utilizó en concentraciones (10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L),

en un litro de agua río. Así se pudo realizar los ensayos en el equipo test de jarras con una mezcla rápida a 150 RPM durante 2 minutos, luego se bajó la velocidad a 30 RPM por 30 minutos y se sedimentó en 30 minutos, dando como resultado una dosis óptima de 15 mg/L. Se planteó este trabajo con el Diseño Completamente al Azar (DCA), con unos 5 tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) con 3 repeticiones y 1 vaso como unidad experimental para cada parámetro evaluado, se compararon con los resultados iniciales y finales de los tratamientos con los ECAs, encontrándose los resultados finales dentro del rango establecido. Los resultados iniciales obtenidos del agua fueron: 7,50 en pH; 1261 μ S/cm en conductividad eléctrica; 580mg/L en SDT; 19,2°C en temperatura y 589 UNT en turbiedad, y los resultados finales: 7,54 en pH; 1079 μ S/cm en conductividad eléctrica; 421mg/L en SDT; 19,1°C en temperatura y 17,3 UNT en turbiedad. Con una eficiencia del 27,41% en conductividad eléctrica; 14,43% en S.D.T. y 97,06% en turbiedad luego de los tratamientos se determinó que el resultado del tratamiento (T2) fue el mejor; llegando a la conclusión que el uso de la semilla *Moringa Oleífera* es eficiente como coagulante orgánico en la remoción de contaminantes en un pretratamiento de aguas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Moringa oleífera*

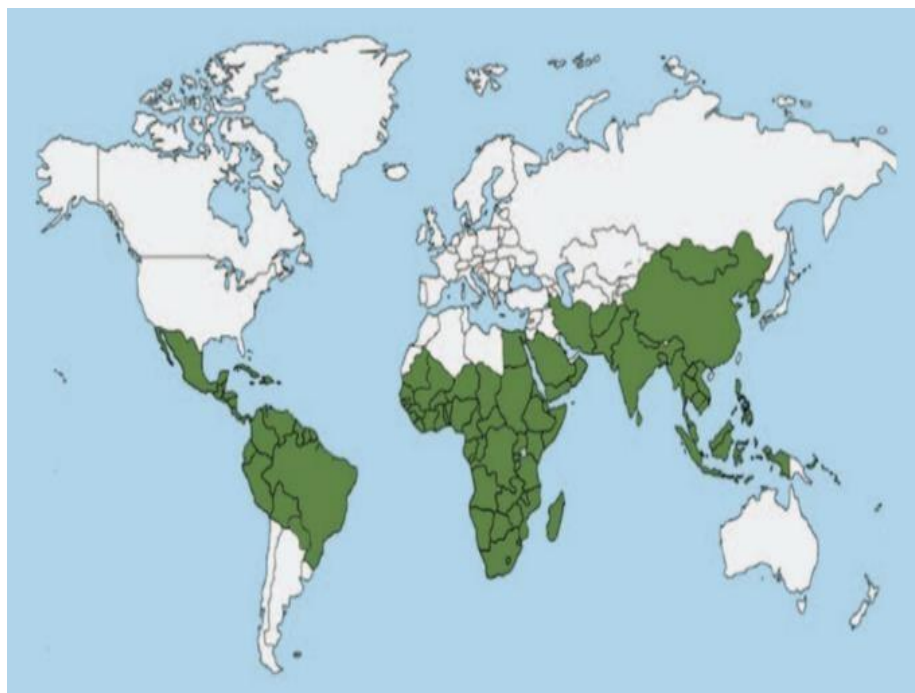
La *Moringa oleífera*, es un árbol originario del sur del Himalaya y actualmente se siembra en regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo, como se muestra en la Figura 1. Puede crecer en zonas desérticas poca agua, pero su cultivo intensivo con irrigación y fertilización aumenta los rendimientos de biomasa hasta superar las 100 toneladas por hectárea. (Foild et al. 2001).

En el Perú, el 28 de junio del 2021, el Congreso de la Republica presentó el Proyecto de Ley N° 7956/2020-CR titulado: “Ley que declara de interés y necesidad pública de promover el cultivo,

producción, industrialización, comercialización y exportación de *Moringa oleífera*.

Figura 1

Zonas favorables al cultivo de la Moringa oleífera



Fuente: Coopi, 2011.

La *Moringa oleífera*, puede describirse como un árbol caducifolio, de rápido crecimiento, en su primer año llega a 3 m, en condiciones ideales llegaría a 5m; adulto llega a los 10 o 12 m de altura máxima. Con ramificaciones colgantes quebradizas, de corteza suberosa, hojas color verde claro, compuestas, trepanadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchos folíolos pequeños de 1,3 a 2 cm de largo por 0,6 a 0,3 cm de ancho. Florece después de siete meses de sembrío. Las flores tienen fragancias, son de color blanco o blanco cremoso, de 2,5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, de 30 a 120 cm de largo por 1,8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en 3 partes cuando se secan; cada una contiene aproximadamente veinte semillas incrustadas en la médula

Semillas de color marrón oscuro, con tres alas, como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Arbol de Moringa oleífera



Su rusticidad lo hace muy fácil de cultivar. La taxonomía vegetal de la *Moringa oleífera* se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1:
Taxonomía vegetal

REINO:	PLANTAE
Subreino	Tracheobionta
Super Division	Spermatophyta
Division:	Magnoliophyta
Clase:	Eudicotyledoneae
Subclase:	Rosidae
Orden:	Brassicales
Familia:	Moringaceae
Género:	<i>Moringa</i>
Especie:	<i>Moringa oleífera</i>

Fuente. Singh (2013).

a. Beneficios del árbol de *Moringa oleífera*

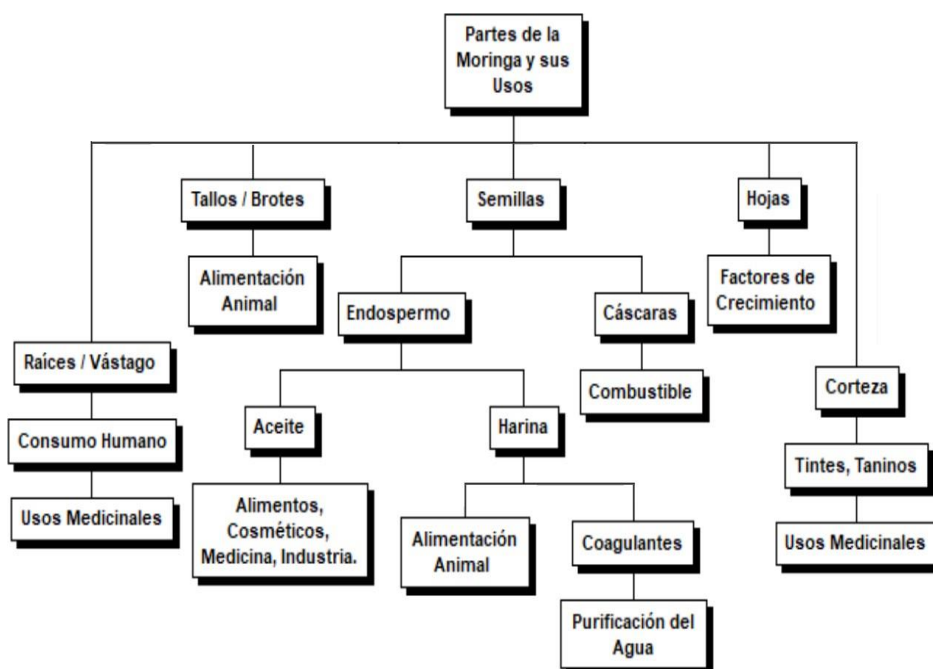
Escritos hindúes del siglo II AC, ya mencionan a la *Moringa oleífera* y sus propiedades medicinales: También en la antigua Grecia y Roma ya apreciaban sus propiedades terapéuticas. Los antiguos egipcios la utilizaban para purificar sus aguas de consumo humano. Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet de Lamarck (1744-1829) afirmó que de su semilla puede extraerse un aceite que tiene la propiedad de no enranciarse y conservar el aroma de sus flores, razón por la cual fue muy apreciados por los fabricantes de perfumes. El extracto de sus hojas son empleados como espasmódicos y su raíz puede ser empleado para ensaladas con un sabor ligeramente picante.

Adewumi y Samson (2018) consideran que la moringa es una planta con muchos nutrientes para consumo humano: sus hojas fortifican el pan, galletas y su menú de cada día. Navarro (2015), anota que sus semillas, deben consumirse tiernas y hervidas en agua, o secas y tostadas como el maní; pero, el mayor valor de su semilla radica en sus aceites (37% en masa aproximadamente) con propiedades parecidas al aceite de oliva.

Respecto al uso del bagazo resultante de la extracción del aceite, puede emplearse como alimento animal o fertilizante, pero su mejor aplicación sería su uso como floculante natural para reducir la turbidez de aguas superficiales (Meza et al., 2018). Como se puede apreciar en la Figura 3.

Figura 3:

Partes de la moringa y sus usos



Fuente: Toral, et al (2013).

b. Propagación de la *Moringa oleífera*

La propagación de la *Moringa oleífera* es de dos maneras: sexual y asexual, siendo la más eficiente desde el punto de vista de la producción de hojas y semillas la propagación sexual. Las semillas se siembran manualmente, a una profundidad de 20 mm, germinando en 10 días. Si las semillas son frescas no necesitan tratamientos pre germinativos, pero almacenados por más de dos meses disminuye notablemente su poder de germinación. Cada árbol puede producir anualmente de entre 3 a 4 kg de semillas (Coopi, 2011), cómo se muestra en la Figura 4.

Figura 4:

Semillas de Moringa Oleífera



Fuente: Mercado libre Ecuador (2020).

c. Análisis proximal del valor nutricional

Por su alto contenido nutricional, a la *Moringa oleífera* se le considera como una de las plantas naturales más evolucionadas de su especie. Por ejemplo, sus hojas, vainas y semillas presentan un elevado aporte de nutrientes, como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2

Valores Nutricionales de la Moringa oleífera

Análisis Proximal	Hojas frescas	Vainas	Semillas
Humedad %	79,72	75,8	47,2
Proteínas %	5,52	7,1	17,5
Grasas %	1,46	1,8	15,1
Cenizas %	2,12	1,1	2,1
Carbohidrato %	11,14	14,3	18,1
Energía (Kcal/100g)	207,42	226	439
Calcio (mg/100g)	22,32	2,1	3,4
Potasio (mg/100g)	11,84	12,8	18,3
Hierro (mg/100g)	24,26	1,6	7,1
Carotenos (ug/100g)	3,911.5	3,327.7	114,4
Vitamina C (mg/100g)	109,3	0,1	0,1

Fuente: Liñán, 2010.

d. Aceite de la semilla de *Moringa oleífera*

Para la extracción del aceite se pueden emplear dos técnicas: el empleo de solventes en un equipo de Soxhlet, que es el empleado en los laboratorios de investigación o el prensado mecánico utilizado industrialmente, aunque es menos eficiente, pero es mucho más rápido y barato, como se observa en la Figura 5

Figura 5:

Equipo Soxhlet y máquina de extracción de aceite



Fuente: ainstrumental. wikispaces.com y Focus Technology Co., Ltd.

e. Bagazo o tortas proteicas

Recibe el nombre de bagazo por ser el residuo fibroso resultante de la trituración de las semillas después de extraído su aceite por el método Soxhlet o torta proteica por su composición química como se muestra el amino grama, en la Tabla 3. Estos aminoácidos son muy solubles en agua

Tabla 3:*Aminograma del Bagazo o Torta Proteica de la Moringa oleífera*

Aminoácidos (* Aminoácidos esenciales)	Torta proteica o bagazo (mg/g/proteína)
Acido Aspártico	50,90 ± 3,86
Acido Glutámico	246,77 ± 19,41
Serina	31,30 ± 2,55
Glicina	58,57 ± 5,08
Histidina *	22,84 ± 1,96
Treonina *	101,69 ± 8,80
Alanina	17,33 ± 1,75
Arginina	106,66 ± 9,00
Prolina	65,82 ± 5,86
Tirosina	19,34 ± 1,57
Valina *	38,69 ± 3,13
Metionina *	20,15 ± 1,57
Isoleucina *	3,76 ± 0,77
Leucina *	61,93 ± 4,52
Fenilalanina *	73,75 ± 5,31
Lisina *	34,38 ± 3,71
Triptófano *	9,67 ± 0,02

Fuente: Scientia Agropecuaria (2018).

f. Coagulante natural de las semillas de *Moringa oleífera*

Las semillas de la *Moringa oleífera* se utilizan tradicionalmente para la aclaración del agua potable en zonas rurales de Sudán y Malawi. Los estudios han demostrado que poseen eficaces propiedades de coagulación y no son tóxicos para los humanos. Se descubrió que los componentes activos eran proteínas catiónicas solubles con un peso molecular que varía de 6 a 16 kDa y valores de pH isoelectrico alrededor de 10.

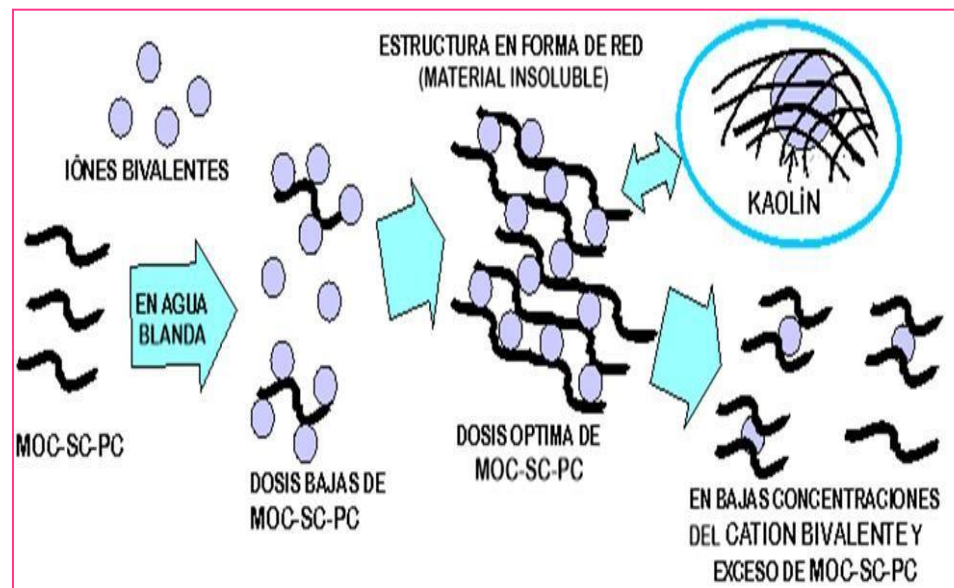
Una de estas proteínas es el MO 2.1 de aproximadamente 6.5 kDa de masa molecular, con 60 aminoácidos en su estructura (Pavankumaretal., 2014), de los cuales el 14.7% son aminoácidos cargados positivamente (7 argininas y 1 histidina) y solo un 1.6 % de aminoácido cargado negativamente (ácido aspártico) por esto en solución acuosa es positiva, con un punto isoelectrico de 12.6 (Broin et al., 2002). MO 2.1 también posee un 23% de 14 tipos de

glutaminas causantes de la oligomerización de la proteína MO 2.1 por la formación de hoja beta plegadas entre ellas (Broin *et al.*, 2002). Esta estructura explicaría la actividad floculante sobre una suspensión de arcilla. Además, la forma recombinada de este péptido posee una actividad bactericida capaz de desinfectar en gran medida el agua contaminada. Además, un componente no proteico de 3 kDa de *Moringa oleífera* demostró tener actividad de floculación cuando se experimenta con caolín en suspensión (Sánchez-Peña *et al.*, 2013).

En la Figura 6 se observa cuando la proteína MOC-SC-PC (Moringa Oleífera Coagulan- NaOH Solution- Purified Coagulant) que en solución acuosa presentan carga positiva, atraen a las partículas aniónicas (como arcilla, cieno y/o materias orgánicas e inorgánicas causantes del aspecto opaco y sucio del agua), colisionando y neutralizando produciendo flóculos con aparente estructura de red que se eliminan por sedimentación o filtración.

Figura 6:

Mecanismo de acción de MO2.1. Su capacidad floculante con la arcilla



Fuente: Broin, *et al.* 2002.

Es importante mencionar también (Santos et al,2009) que, en las semillas de la *Moringa oleífera*, también se hallan las lectinas cMol y WSMol. La proteína cMol (coagulante *Moringa oleífera* lectin) es básica monomérica de masa molecular 30 kDa y termoestable a 100°C en promedio 7 horas, de acuerdo a Santos *et al* (2009) esta proteína presenta similitud a la actividad coagulante del sulfato de aluminio. La proteína WSMol (Water soluble *Moringa oleífera* lectin) es ácida (Santos *et al* 2005).

Cada día se van identificando nuevas fracciones de proteínas con actividad floculante en la semilla de la *Moringa oleífera*, como el MO 3.1 y MO 4.1 homologas al MO 2.1 (Broin et al, 2002) y otra proteína de 66 kDa que tiene una actividad coagulante comparable a la de los péptidos catiónicos y el alumbre (Agrawal et al, 2007).

g. Ventajas del coagulante natural de las semillas de *Moringa oleífera*

Debido que la *Moringa oleífera* es un árbol adaptado a condiciones extremas, si se le brinda buenas prácticas de cultivo y con todos sus requerimientos nutricionales pueden dar altos rendimientos de producción (2.2.1) y en Azpitia por ser rural, se adaptaría muy bien. Además, a su poder coagulante se suma su poder de remoción de coliformes fecales lo que le hace más amigable de la naturaleza. De la revisión de los antecedentes y de la propia investigación, puedo anotar:

- El bagazo se comporta como coagulante y floculante a la vez, a diferencia de los coagulantes inorgánicos.
- La torta proteica es soluble en agua, eso favorece el trabajo, pero se recomienda filtrarlo para no agregar turbidez.
- Se adapta a la temperatura ambiental y al pH de trabajo, y es a estas condiciones es donde se da la mayor eficiencia.
- Tratándose de un producto orgánico natural constituido principalmente de proteínas, sus lodos presentan nutrientes y

podría ser utilizado como un fertilizante orgánico.

h. Desventajas del coagulante natural de las semillas de *Moringa oleífera*

La desventaja más notable en nuestro país, por su poca producción agrícola, por ahora es su elevado costo. Pero desde el punto de vista de coagulante natural anoto las siguientes:

- Observando los resultados experimentales, se demuestra que a mayor tiempo hay más eficiencia de remoción de turbidez, lo que se deduce su tiempo de sedimentación es relativamente más elevado, respecto a los coagulantes inorgánicos.
- Por ser un coctel de proteínas y otras sustancias orgánicas, está expuesta a la descomposición si se excede en el tiempo de almacenaje.
- La solución del coagulante de semilla de moringa, debe filtrarse adecuadamente para evitar que algunas impurezas incrementen la turbidez, sobre todo cuando se analizan aguas de baja turbidez.

2.2.2. Partículas en suspensión.

Las aguas superficiales son portadoras de partículas en suspensión, pues durante su recorrido hacia el mar, van erosionando los suelos formando disoluciones de sales minerales y de la degradación de compuestos orgánicos. Además, dependiendo de los lugares de su recorrido, campos de cultivo, complejos mineros, industriales o poblaciones urbanas se les adiciona descargas de residuos agrícolas como fertilizantes, plaguicidas, relaves mineros, derivados petroquímicos, desagües domésticos e industriales en general.

Si hacemos un análisis de los ríos de nuestra costa peruana, sin la acción contaminante del hombre podemos notar la influencia del clima, que solo presenta dos estaciones al año y caracterizadas como:

- Alta Turbiedad, se presente durante los meses de lluvia en la sierra del Perú (diciembre a marzo), caracterizada por la alta concentración de partículas en suspensión arrastradas en el trayecto del río hacia su desembocadura en el mar. En esta época la turbidez del río varía entre 50 a 50000 NTU, y en promedio de 300 NTU. En estos meses su caudal también es variable: entre 23 y 106 m³/s. La calidad fisicoquímica de sus aguas también varía de composición: se eleva cantidad de metales disueltos (Pb, Al, Fe) y mayor presencia de compuestos orgánicos.
- Baja Turbiedad, durante los meses de abril a noviembre, donde la turbidez varía entre 6 a 50 NTU, con valor promedio de 15 NTU y el caudal del río varía aproximadamente de entre 18 y 25 m³/s.

Las características de las partículas en suspensión son las siguientes:

a. Tamaño de las partículas en Suspensión

Las partículas en suspensión se clasifican según su tamaño, siendo estas de diámetros inferiores a 1 micrómetro (μm) y de origen orgánico e inorgánico, que se decantan muy lentamente. Observando la Tabla 4. donde se muestran los tiempos de decantación de las diferentes partículas en función de: sus dimensiones; densidad y de la temperatura del agua.

b. Afinidad de las Partículas Coloidales por el Agua

Se denominan coloides a aquellas suspensiones estables, y por estar en equilibrio dinámico no sedimentará. Las partículas en suspensión, responsables de la turbidez y del color del agua presentan una gran superficie interfásica de contacto entre las fases sólida y líquida y que crece más cuanto más fraccionada se halla la partícula. Como por ejemplo un cubo de 1 cm³ de volumen tiene una superficie total de 6 cm² pero si dicho cubo

se divide cada arista en la mitad, su volumen permanece constante mientras su superficie será de 12 cm² y si este cubo es dividido en cubos más pequeños la suma total de todas las superficies será mucho mayor.

Estas partículas pueden ser hidrofílicas (muy afines al agua) o hidrófobos (que rechazan al agua). Los hidrofílicos se dispersan de manera espontánea en del agua produciéndose una solvatación. En cambio, las partículas hidrofóbicas son rechazadas por las moléculas de agua y su dispersión en ella no es espontáneo por lo que requiere de la acción de medios físicos y químicos. (Andía, 2000)

Tabla 4:

Tipos de partículas en suspensión según su tamaño

Diámetro de la partícula (mm)	Orden de magnitud	Velocidad (mm/seg)	Tiempo requerido para sedimentar 1 m.
10,0	Grava	1.000	1 seg.
1,0	Arena Gruesa	100	10 seg.
0,8	Arena Gruesa	83	12 seg.
0,6	Arena Gruesa	63	16 seg.
0,4	Arena Media	42	24 seg.
0,2	Arena Fina	21	48 seg.
0,10	Arena Fina	8	2 min.
0,08	Arena Muy Fina	6	2 min. 50 seg.
0,06	Arena Muy Fina	3,8	4 min. 20 seg.
0,02	Limo	0,62	27 min.
0,010	Limo Fino	0,154	1 hr. 50 min.
0,008	Limo Fino	0,098	2 hr. 50 min.
0,006	Limo Fino	0,065	4 hr. 16 min.
0,005	Arcilla	0,0385	7 hr. 13 min.
0,004	Arcilla	0,0247	11 hr. 15 min.
0,002	Arcilla	0,0062	1 día 20 hr.
0,0015	Arcilla Fina	0,0035	3 días 7 hr.
0,001	Arcilla Fina	0,00154	7 días 12 hr.
0,0001	Arcilla Fina	0,0000154	2 años
0,00001	Arcilla Coloidal	0,000000154	206 años

Notas 1.- Temperatura del agua 10° C
 2.- Se usó experimentación de Hazen para partículas entre 10 y 0,1 mm, La fórmula de Wiley para partículas entre 0,02 y 0,00001 mm., el resto fueron interpolados
 3.- El orden de magnitud corresponde solo a una expresión comparativa
 4.- El peso específico para arena y limo: 2.65 gr/cm³

Fuente: Orellana, 2005.

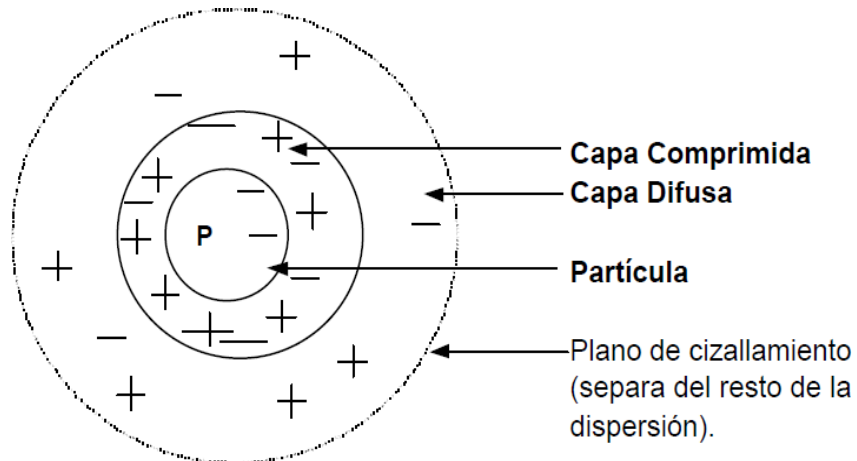
c. Carga eléctrica y doble capa.

En las aguas superficiales, las partículas coloidales ocasionan con su presencia la turbiedad y el color que la caracteriza, razón

por la cual el tratamiento de las aguas está orientado a remover estas partículas. Estas, poseen generalmente una carga eléctrica negativa sobre su superficie llamadas cargas primarias que atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas atrayendo a su alrededor esos iones negativos asociados a una poca cantidad de iones positivos.

Figura 7

Doble capa de una partida coloidal



Fuente: López Mairena Luis Antonio (2018).

Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula negativa se desplazan con ella, formando la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la denominada capa difusa, induciendo un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, conocido como Potencial Zeta.

d. Factores de Estabilidad e Inestabilidad.

Las partículas coloidales están sometidas a dos grandes de fuerzas:

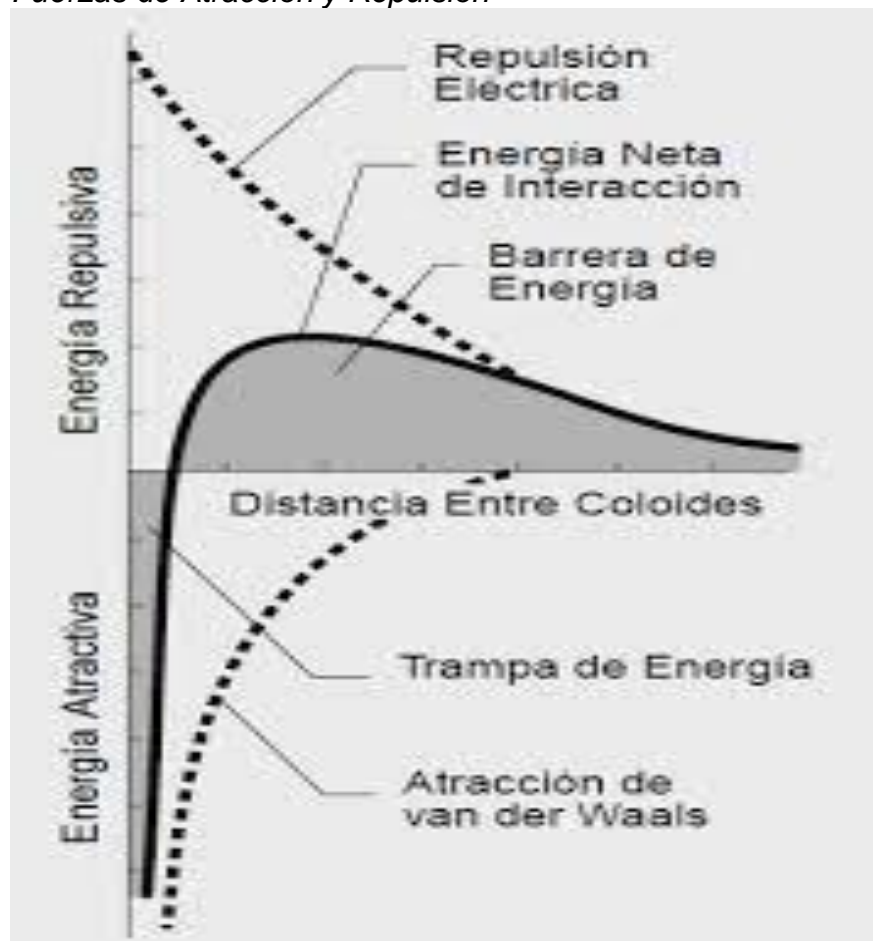
- Fuerzas de atracción de Van der Waals: E_a (factores de Inestabilidad); son fuerzas de atracción intermoleculares producidas por el movimiento continuo de las partículas.

- Fuerzas de repulsión electrostáticas: E_b (coulumbicas – factor de estabilidad); son fuerzas que impiden la aglomeración de las partículas cuando estas se acercan unas a otras; por ejemplo 2 partículas de igual signo no se pueden aproximar, estas rechazan.

La estabilidad de una suspensión coloidal, como se observa en la Figura 8, va a depender del equilibrio de las fuerzas: Fuerza de atracción y fuerza de repulsión. Se expresa como E_r “resultante”,

$$E_r = E_a + E_b$$

Figura 8:
Fuerzas de Atracción y Repulsión



Fuente: López Mairena Luis Antonio (2018).

2.2.3. Coagulación – Floculación

La Coagulación es el proceso por el cual se desestabiliza un coloide. Se eliminarán las propiedades que la hacían mantenerse en suspensión. El mecanismo fundamental de desestabilización es anular las cargas eléctricas denominadas fuerzas de repulsión electrostáticas (E_b). Para ello, se utilizan reactivos químicos capaces de producir la coagulación.

Es de suma importancia que el reactivo que produce la coagulación, se mezcle rápidamente con toda el agua tratada. El tiempo que necesita dicho reactivo para producir la coagulación es menor que 1 segundo, pero para optimizar el proceso y alcanzar altos rendimientos debe realizarse de 30 segundos a 3 minutos y mezclando con "violencia" o sea con mucha energía

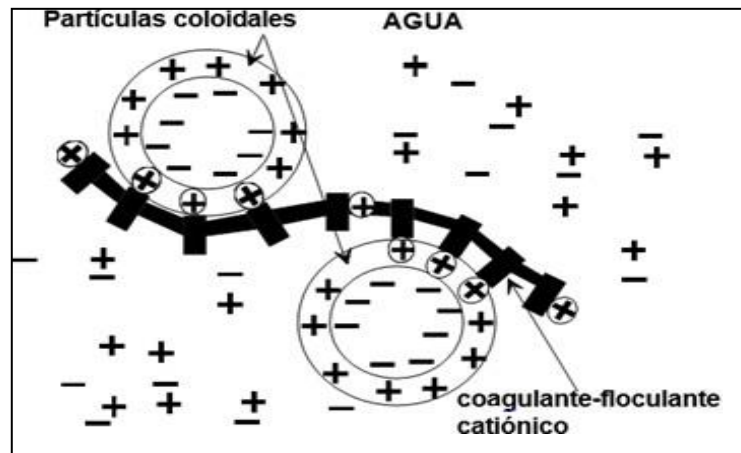
Desestabilizadas las partículas coloidales nos interesa que sedimenten. Pero como su tamaño todavía no es el óptimo en poco tiempo se debe esperar que aumenten de tamaño, esto se logra mediante el proceso de floculación.

Se denomina floculación al proceso en el cual las partículas desestabilizadas empiezan a acercarse debido a las fuerzas de atracción de Van der Waals y se van agrupando hasta formar partículas más grandes llamadas flóculos. Estos flóculos se forman más rápidamente si las partículas se ponen en contacto y si hay algo que cree enlaces entre ellas y las mantengan en contacto, y esto se consigue mediante la mezcla y la adición de floculantes. Este proceso de formación de flóculos es lento, en promedio de 10 a 30 minutos.

Como se observa en la Figura 9, es importante mezclar bien el floculante con el agua tratada pero esta vez lentamente, pues si se mezcla con violencia se pueden romper los flóculos ya formados.

Figura 9:

Esquema del func. de los reactivos de coagulación y floculación



Fuente: Camacho Nayibe (2018)

De presentarse sólidos disueltos en las aguas analizadas, estas deben eliminarse por la técnica de la precipitación, es decir agregándole un reactivo químico que forme una sal insoluble con estos sólidos disueltos. No es igual que se sedimente o decante después de la floculación.

❖ REACTIVOS QUÍMICOS

Para desestabilizar un coloide se le debe de añadir una solución *electrolítica con carga opuesta a la de las partículas coloidales y será más eficiente* si presenta su mayor estado de oxidación. Cuando las partículas formadas durante el proceso de coagulación son todavía de muy pequeñas o poco densas, van a decantar con dificultad. Se puede aumentar su tamaño con la adición de productos químicos que posean alto peso molecular, solubles en agua y que sean capaces de actuar de enlaces entre las partículas coaguladas.

❖ COAGULANTES

Son los más utilizados por su eficiencia:

- Sulfato de aluminio hidratado: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; comercializada en forma granular, líquida o artesanalmente como alumbre.

- Cloruro férrico: FeCl_3 , usado principalmente en aguas residuales por su intensa coloración. Se lo puede adquirir, en concentraciones de 37% a 47%
- Sulfato ferroso y férrico hidratado:
 - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; suministrados en forma sólida.
- Polímeros: utilizado como coagulantes y floculantes.
- Polihidroxiclорuro de aluminio: Compuestos sintéticos de mayor complejidad de fórmula $\text{Al}_n\text{Cl}_{3n-m}(\text{OH})_m$.

Cuando a las aguas superficiales se añade pequeñas cantidades de los cationes Al^{+3} o Fe^{+3} , estas se orientan a neutralizar las cargas aniónicas de los coloides formando un hidróxido insoluble que facilitan su posterior floculación y decantación.

❖ FLOCULANTES

Entre los tipos de floculantes podemos citar:

- Polímeros: La comunidad europea emplea almidones modificados (como de la papa) y alginatos, para flocular los sólidos en suspensión y los coloides desestabilizados. Como los almidones tienen un gran peso molecular, forman extensas cadenas con carga eléctrica (iónicos) o neutras (no iónicos). También están los polielectrolitos que pueden ser aniónicos (-) o catiónicos (+).
- Los alginatos sódicos, elaborados a partir de las algas marinas (del género *Laminaria*) son utilizadas especialmente como ayudantes de floculación de las sales férricas, dando también algunas veces buenos resultados con sales de aluminio.
- Hace algo más de diez años se podía utilizar floculantes cuya base principal son polímeros lineales de gran peso molecular, de poliacrilamida a distintas concentraciones de carga que actúan como agilizadores en la formación de flóculos en procesos de flotación y como elementos de separación de agua

en lodos. Actualmente estas sustancias están prohibidas en el tratamiento de agua potable (Orden SAS/1915/2009) debido a su alta toxicidad.

- Sílice activada: El empleo de este compuesto en el tratamiento del agua, como ayudante de la floculación, empezó a desarrollarse a mediados del pasado siglo. La sílice activada es una suspensión coloidal de ácidos polisilícicos hidratados. Es poco estable, por lo que se debe preparar "in situ". Hasta antes del desarrollo de los polielectrolitos era considerado el mejor floculador al asociarse con las sales de aluminio. En la actualidad se sigue usando en concentraciones de 0,5 al 1,0%.

❖ COADYUVANTES

Su objetivo es optimizar la acción de coagulantes y floculantes. Para ello cumple las siguientes funciones:

- Optimizar el pH: Cada coagulante trabaja mejor a un determinado pH, por ejemplo, el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tiende a acidificar el proceso disminuyendo el rendimiento de la coagulación, ya que trabaja mejor a pH neutro. Para acondicionar el medio se añaden bases o sales alcalinas (cal, hidróxido sódico, carbonato sódico, etc.) a las aguas en tratamiento.
- Oxidar sustancias orgánicas: El proceso de coagulación - floculación mejora al eliminarse por oxidación algunos compuestos y derivados orgánicos que podrían interferir el proceso. Los oxidantes más usuales son el cloro, el permanganato de potasio, el ozono, etc.
- Incrementar las masas de las partículas en suspensión: Se emplean agentes gravimétricos principalmente en aguas con baja turbidez inicial. Para que de esta manera aumentar la velocidad de sedimentación. Los principales agentes son el carbón activado en polvo, polímeros, cal viva, arcillas (la dosis de arcilla puede oscilar entre 10 y 50 mg/L).

También se puede adicionar algunas variedades de rocas sedimentarias como la bentonita que incrementa la densidad de las partículas a la vez aumenta su superficie optimizando la adsorción de compuestos orgánicos. Algo parecido ocurre cuando se añade carbón activado al tratamiento.

2.2.4. Origen y Medición de la turbidez

Origen de la turbidez

La turbidez que presentan las aguas, es producida por material en suspensión, que generalmente son las arcillas, el cieno y/o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión durante su recorrido y microorganismos. Los diámetros de estas partículas varían desde 0,1 a 1.000 nm. El material suspendido hace que el agua tenga un aspecto opaco y sucio.

Una alta turbidez es señal de una baja calidad del agua y es asociada a la presencia de microorganismos capaces de provocar enfermedades. Concentraciones considerables de estos microorganismos como los virus, parásitos y bacterias intestinales podrían causar malestares como náuseas, cólicos abdominales, diarreas y cefaleas.

Medición de la turbidez

Antiguamente, los ojos humanos "medían" la turbidez relacionándola con una escala visual o por "experiencia". La medición industrial actual de la claridad o la turbidez es automatizada y reproducible en cualquier lugar donde se realice la medición, eliminando cualquier influencia sensorial humana. En la actualidad, hay dos normas que describen el método de medición de la turbidez:

- EPA 180.1: luz blanca (400 - 680 nm)
- DIN EN ISO 27027: luz IR (780 - 900 nm), típicamente 860 nm

Ambas normas describen el método de medición de la turbidez a 90° de dispersión de luz (nefelometría). Finalmente, la longitud del paso óptico, la concentración y el tamaño de las partículas tienen una influencia directa en el resultado de la medición de la turbidez. Además, una muestra que fluye refleja una turbidez diferente a la de una muestra en reposo. Las turbulencias dentro de una corriente de muestra causan pequeñas burbujas de aire dentro de la muestra, lo que también aumenta la turbidez.

Calibración del turbidímetro

La calibración de los sensores y medidores de turbidez, en laboratorio, se realiza utilizando soluciones estándar de formazina, que cubren el rango de turbidez deseado o de interés. Mientras que la EPA describe NTU (Nephelometric Turbidity Units), la norma ISO utiliza FNU (Formazin Nephelometric Units) y FTU (Formazin Turbidity Units). La luz que pasa a través de la muestra se da como FAU (Formazin Atenuación Units). En la Figura 10 se muestra los estándares para la calibración del turbidímetro

Figura 10

Serie de Estándares de turbidez basados en formazina



Fuente: Optek.com/es/turbidity-basics.asp.

Técnica instrumental

La acción de medir la turbidez de una muestra de agua, es una técnica Instrumental, que exige en el experimentador una formación previa y el empleo de protocolos a seguir, para así poder ser repetitivos y reproducibles.

Una condición imprescindible y fundamental es el calibrado de los instrumentos de medición con estándares predefinidos. La ISO 7027-2016 especifica el uso de estándares del polímero AMCO y de la formazina.

El polímero AMCO presenta ventajas notables respecto a la formazina, como, por ejemplo, sus gránulos de estireno divinil - benceno, son estables en suspensión, lo que garantiza la repetitividad en el resultado a lo largo del tiempo, y no contiene sulfato de hidrazina, que es una sustancia altamente tóxica contenida en la solución de formazina, cuyo uso debe ser limitado o eliminado si existe alternativa.

2.3 Conceptual

Desde que el hombre fundó Uruk, primera ciudad del mundo en la ribera oriental del río Éufrates hace más de 7300 años, el primer recurso en ser considerado fue el agua, y este criterio se aplicó en todas las siguientes civilizaciones. Pero al aumentar la población este recurso fue quedando insuficiente y fue la causa de los primeros conflictos de la humanidad. Hace un año la UNESCO presentó el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2021 titulado “El valor del agua”, que examina el estado actual e identifica las formas que contribuyan a alcanzar la sostenibilidad.

Analizando nuestro contexto, con un importante porcentaje de población carente de este recurso, se tiene que diversificar las técnicas de tratamiento de aguas, tomando como elementos de juicio diferentes parámetros, como por ejemplo la cantidad poblacional. Así, para ciudades mega poblacionales como Lima, Arequipa, Trujillo y otras, el tratamiento

utilizado en la potabilización del agua con coagulantes inorgánicos no podría ser sustituido por razones económicas, pero en localidades como Azpitia cuya población es de menos de 400 habitantes y no se cuenta con este recurso, el empleo de un método alternativo para la remoción de la turbidez del agua, puede ser el empleo del bagazo de semilla de *Moringa oleífera*, que además presenta ventajas (en lo sanitario y en lo ambiental) respecto a los coagulantes inorgánicos tradicionales como el sulfato de aluminio.

El bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, por ser orgánico, para que tenga un rendimiento óptimo en la remoción de la turbidez, va a depender de otras variables condicionadas por su naturaleza proteica de alta masa molecular, como su concentración, el pH, tiempos de coagulación, floculación y sedimentación, principalmente. También es importante anotar que el río Mala, como todo río de la costa peruana, presenta valores de turbidez que varía entre menos de 10 a más de 400 NTU durante el año, siendo este el tiempo necesario de estudio, pero este inconveniente se puede superar utilizando aguas sintéticas preparados con caolín que produce aguas turbias parecidas a la del río.

2.4 Definición de términos básicos

Agua cruda Se denomina así a aquellas aguas captadas directamente de su estado natural y sin ningún tratamiento. (Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011)

Agua turbia sintética. Es el agua preparada específicamente para un análisis de turbidez con una determinada concentración, turbidez y a temperatura definida. Generalmente se emplea el caolín, por producir una suspensión estable, muy similar a la turbidez de las aguas superficiales. Para optimizar su preparación, se adiciona por ejemplo 0,5 g de caolín en 5 L de agua potable agitándose, energéticamente durante 3 minutos y dejarlo reposar 24 horas, para la completa hidratación del material

arcilloso, de esta manera se estudiará mejor el mecanismo de coagulación. A partir de esta disolución “madre” se efectuaron sucesivas diluciones con agua de potable para preparar diferentes valores de turbidez, que fueron verificados con un turbidímetro Hach 2100q. Adicionalmente se midieron los parámetros de pH, sólidos totales en suspensión, conductividad y temperatura. (Más et al. 2012).

Caolín o kaolín. Es un material terroso mate o nacarado cuando es cristalino, de color blanco, gris o amarillento. Su densidad va del 2,40 a 2,64 g/cm³ y dureza entre 2,0 y 2,5 en la escala de Mohs. Pueden contener una variedad de silicatos polimorfos como la caolinita, la nacrita y la dickita. La fórmula de la caolinita es $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ y siendo su composición centesimal: $\text{SiO}_2=46,53\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=39,49\%$ y $\text{H}_2\text{O}=13,98\%$. (Bartolomé J.F. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid. 1997).

Coagulante y Flocculante. Durante el proceso de tratamiento de aguas turbias, la separación de la suspensión coloidal de modo satisfactorio, se referencia respecto al tiempo necesario para dicha separación. Es necesario arracimar las partículas coloidales en otras de mayor tamaño, para ello es necesario un tratamiento en base a dos procesos sucesivos:

*Desestabilización electrostática. Esta acción se realiza añadiendo reactivos químicos, que tienen la capacidad de anular las fuerzas repulsivas que actúan sobre la hidrofilia de las partículas coloidales.

*Arracimación de los coloides “descargados”. Mediante el añadido de reactivos químicos que facilitan dicha agrupación, formando partículas de mayor tamaño.

De acuerdo a lo expuesto, se denominan Coagulantes a los reactivos que generan el fenómeno de la desestabilización coloidal y Flocculantes a aquellos reactivos que arraciman estos coloides, haciéndolos susceptibles a la ley de la gravedad.

Los químicos empleados como coagulantes en el tratamiento de aguas pueden ser sales metálicas o polímeros. Entre los primeros se tienen al

sulfato de aluminio, sulfato ferroso, cloruro férrico y entre los segundos a compuestos artificiales de extensa cadena orgánica que pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos. Por razones económicas las sales metálicas son las más empleadas y su elección es experimental lo mismo que su dosificación (Hernández Muñoz, 2001).

Color. El término color se refiere al “color verdadero”, es decir, el color del agua al cual se le ha eliminado la turbidez; este color verdadero es causado por las sustancias disueltas en el agua. La presencia de sólidos disueltos coloidales y en suspensión (en conjunto) causan el “color aparente”, que se determina en la muestra original sin filtración o centrifugación. El color es medido utilizando la escala expresada en unidades UCV escala Pt/Co (Platino-Cobalto), siendo 15 su Límite máximo permisible para el consumo humano en el Perú. (Higieneambiental.com 2019)

Conductividad eléctrica. Se define la conductividad eléctrica como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, y, por tanto, es lo contrario de la resistencia eléctrica. Es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas en un líquido. La unidad de medición utilizada comúnmente es el ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En soluciones acuosas el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos. Por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración mayor será la conductividad, como puede observarse en los valores a continuación (García de la Fuente, 2013):

- Agua pura: 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Agua destilada: 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Agua de montaña (de manantial): 1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Agua de uso doméstico (potable): 500-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Agua de mar: 50.000-60.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

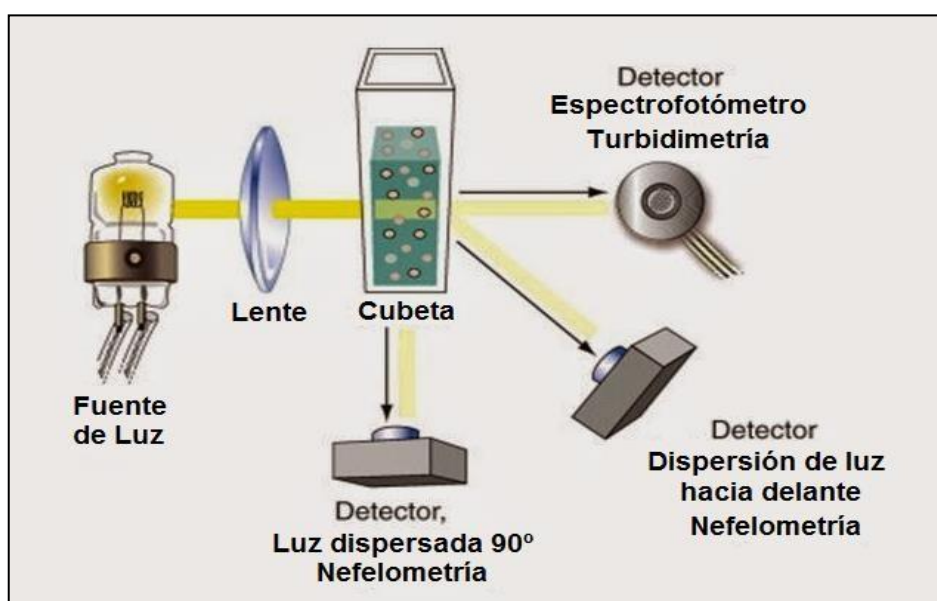
Estándar de Calidad Ambiental, ECA. Es el instrumento de gestión ambiental que establece la escala de medidas de la calidad ambiental en

el territorio patrio. Los ECAs establecen los diferentes niveles de concentración de las sustancias (elementales y compuestas) que se encuentran en el medio ambiente sin exponer riesgos ni para la salud ni para el ambiente. Las ECAs peruanas de calidad ambiental están normadas para el agua, el aire, el suelo, el ruido y las radiaciones no ionizantes (Ministerio del Ambiente del Perú. 09/10/2019). Véase Anexo 8.

Nefelometría: Es un procedimiento analítico que mide la luz dispersada o difusa a 90° de su dirección de origen. Se aplica en el análisis de aguas de baja turbidez y recomendado para medir la turbidez en aguas de consumo humano, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Nefelometría



Fuente: Baños Alberto, 2018.

pH. Se denomina "pH" a la medida de la concentración de protones (H^+) en una disolución acuosa, de lo cual se deduce con facilidad su carácter ácido o básico. Matemáticamente se calcula como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones H^+ . Este concepto fue propuesto por Sørensen en 1909. La "p" se toma del alemán «Potenz» (potencia o

concentración) y la “H” del ion hidrógeno (H^+). Expresado en sencillo, el «pH» es un número entre 0 y 14. Si su valor es 7 la solución es neutra, si el “pH < 7” indica que la solución es ácida y si el “pH > 7” la solución será básica (GreenFacts, 2021). En el tratamiento de aguas, es de gran importancia y debe de ajustarse siempre que sea necesario, para optimizar las etapas de coagulación/floculación como también durante el control de la desinfección.

Sólidos disueltos totales o salinidad. Determinar numéricamente la presencia de los sólidos disueltos totales (TDS) nos indica la calidad del agua. Los TDS de las sales disueltas se expresan en mg/L o ppm. Siendo la naturaleza del agua, la de un solvente universal hace que tenga electrolitos que la vuelven buenas conductoras de la electricidad. Así, se deduce que la concentración de sales disueltas es directamente proporcional a la conductividad permitiéndonos evaluar de manera rápida la salinidad del agua. El calcio, el magnesio y el sodio son los electrolitos más usuales, siendo en las aguas no salobres la presencia de calcio y magnesio a niveles de saturación. Siendo la salinidad del agua el contenido total de sales los más recurrentes son el cloruro sódico y la dureza del agua (sales de Mg^{2+} y Ca^{2+}). Se puede determinar el TDS multiplicando la conductividad por un factor experimental asociado a su dureza expresado en ppm de carbonato de calcio. (García de la Fuente, 2013).

Test de Jarras. Es la técnica más usual utilizada en los laboratorios de análisis de aguas para escoger las óptimas condiciones de operación. Generalmente esta prueba utiliza parámetros como el pH, variaciones de concentración de las diferentes sustancias químicas utilizadas en el experimento a diferentes velocidades de mezclado. Respecto a los reactivos de coagulación química y su dosificación debe ser seleccionada experimentalmente en el laboratorio en base a un arreglo vasos precipitado las que están sujetas a idénticas condiciones hidráulicas.

(laboratoriosaguasena.blogspot.com.), como se muestra en la Figura 12 el Test de Jarras de la Fiq-Unac.

Figura 12

Equipo Test de Jarras del LOPU, FIQ-UNAC



Turbidez. Es el concepto referido a reducción de la transmisión de la luz en su recorrido en el seno del agua, debido a la presencia de partículas en suspensión es estado coloidal o en disolución a causa de varios factores, entre ellos de organismos del plancton. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, AQUASTAT Web Site FAO. 2008. FAO online glossary)

Turbidímetro. Es el instrumento de fundamento nefelométrico que mide la turbidez que causa las partículas suspendidas en un líquido. Su técnica es proyectar un rayo de luz a través de la muestra y medir la luz reflejada por las partículas en un ángulo de 90° respecto al rayo incidente. Las lecturas se expresan en Unidades Nefelométrías de Turbidez (NTU). Es importante mencionar que el turbidímetro registra el promedio de varias lecturas de ese instante, esto permite corregir posibles lecturas erróneas causadas por la interacción que producen las partículas grandes durante el paso de la luz. Desde el punto de vista analítico, la turbidez es consecuencia de la presencia de partículas de diferentes tamaños, que al

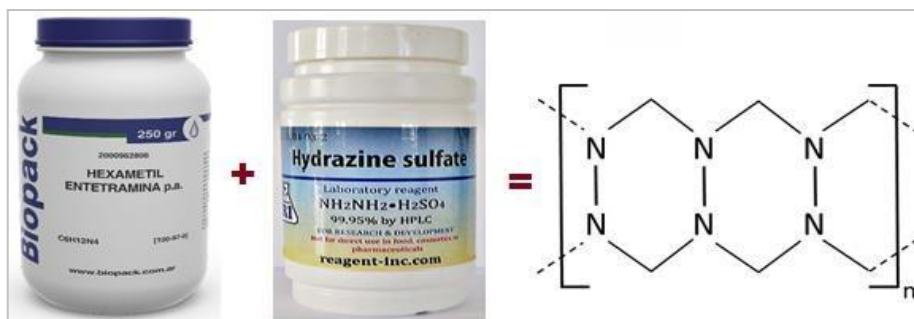
absorber o dispersar la luz, producen cierto aspecto lechoso. La identidad de estas sustancias en suspensión es usualmente: lodo, cal, levadura o microorganismos. (Quiminet.com)

Turbidimetría: Procedimiento analítico de medición de la atenuación (pérdida de intensidad) de un flujo radiante (luz transmitida / atenuada a 180 °). Esta técnica es la más recomendable para el análisis de aguas altamente turbias, como por ejemplo las aguas residuales.

Unidad nefelométrica de turbidez (UNT) O NTU del inglés Nephelometric Turbidity Unit, es la unidad utilizada para expresar la turbidez de un fluido líquido pues no aplicable a gases o atmósfera. Su patrón referencial corresponde a una concentración de la sustancia llamada Formacina. La formazina estándar resulta de una reacción química entre la hexametenetetramina y el sulfato de hidracina (MetAs & Metrólogos Asociados. *La Guía MetAs*,2010) como se puede observar en la Figura 13.

Figura 13

Formación de la Formazina



Fuente: Marbe S.A. +Chemical Reagent

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

El bagazo de la semilla de la *Moringa oleífera* es un eficiente coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala en la localidad de Azpitia, provincia Cañete, 2020.

3.1.2 Hipótesis específicas

- Las Propiedades fisicoquímicas de la torta proteica de la semilla de la *Moringa oleífera* tienen un efecto significativo en la remoción de turbidez de las aguas del río Mala en la localidad de Azpitia, provincia Cañete.
- Los factores que influyen en la remoción de la turbidez del río Mala con el bagazo o torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural son: concentración, pH, RPM y tiempo,
- Los parámetros que determinan la calidad del agua, después del tratamiento con la torta de la semilla de la *Moringa Oleífera*, cumplen los ECAs establecidos en el DS 004-2017-MINAN.

3.2 Definición conceptual de variables: $Y = f(X)$

3.2.1. Variable independiente (X)

Eficiencia del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural.

Bagazo se denomina a todo residuo fibroso que resulta de la trituración, compresión o maceración de frutos, semillas, tallos, etc., a los cuales se les ha extraído el jugo o aceite como es el caso del tallo de la caña de azúcar o de la semilla del algodón (Diccionario de la Lengua Española, 2020). También puede decirse que, “Son los residuos sólidos obtenidos tras la extracción del aceite de las semillas o los frutos oleaginosos” (Wikipedia). En el caso, específico de los residuos sólidos de la semilla molida a la que se le ha extraído

el aceite, podría llamarse también como torta proteica de la semilla de *Moringa Oleífera*.

Respecto al uso del bagazo resultante de la extracción del aceite, puede emplearse como alimento animal o fertilizante, pero su mejor aplicación es como coagulante floculante natural para reducir la turbidez de las aguas superficiales (Meza et al., 2018).

Según la investigación “El tratamiento de residuales líquidos es prioridad para el sistema de la salud en Cuba” (Rondón, et. al. 2017) propuso a la semilla de *Moringa Oleífera* como coagulante alternativo, debido al costo elevado de los coagulantes químicos y a escasas de la materia prima para su producción, utilizó el residuo de las semillas de *Moringa oleífera* después de la extracción de aceite, como coagulante para el tratamiento de agua residual de una planta municipal, determinando parámetros indicadores de calidad de los residuales líquidos. La demanda química de oxígeno obtenida fue de 80 mg/L con una dosis de coagulante de 69,70 mg/L, lográndose una reducción superior al 90 %. Se analizó el contenido de sólidos, dureza, alcalinidad y fósforo. Con la utilización del producto evaluado se obtuvieron ventajas ambientales, económicas y sociales”. Demostrándose así que la torta proteica o bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, representa una alternativa sostenible, económica y segura para la potabilización,

En los recientes avances de métodos alternativos para el tratamiento de aguas, aún existe la necesidad de seguir investigando sobre coagulantes-floculantes efectivos, económicos, inocuos y para remover las altas cargas orgánicas de las aguas residuales, el uso de sales de hierro y aluminio y compuestos sintéticos como coagulantes puede ocasionar cambios en el pH del agua, contaminación secundaria ya que los lodos que se originan no son biodegradables y, lo más grave aún, la presencia de residuos de aluminio han sido relacionados con la generación de la enfermedad

del Alzheimer. En este sentido, es importante las alternativas que puedan sustituir total o parcialmente las sales de hierro y aluminio y los polímeros orgánicos sintéticos, (Pereira, et al. 2017).

Los coagulantes/floculantes naturales es una alternativa viable, es el caso específico de la *Moringa Oleífera*, que tienen ventajas demostradas sobre los coagulantes químicos como lo menciona en su artículo (Real et. al. 2015), Específicamente en relación a la eficiencia en bio - adsorción de contaminantes orgánicos (Katayon et. al. 2006)

3.2.2. Variable dependiente (Y)

Remoción de la Turbidez

Siendo la turbidez, una característica óptica de una muestra líquida o sólida transparente, que describe la claridad u opacidad de la muestra se tiene que cuantificar para así expresar adecuadamente su remoción.

“La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación” (Espigares García y Fernández-Crehuet, 1999).

La turbidez del agua es uno de los parámetros más relevantes en el control de la calidad del agua de consumo. Los sólidos dispersos y las partículas en suspensión en el agua turbia pueden actuar como portadores de contaminación microbiológica y también propician la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas. (Baños, 2018),

El control de la turbidez del agua está estrechamente relacionado con la eficacia de los procesos de desinfección, tanto químicos (cloro u otros biácidas) como físicos (radiaciones UV). A mayor turbiedad, mayor material particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los micro huecos de las partículas en suspensión, y la disminución de la eficacia de los desinfectantes, al

no poder contactar físicamente con el organismo a eliminar. (Baños, 2018),

Además de partículas inertes en suspensión, el agua turbia puede contener también materia orgánica en suspensión, lo que inhibe el efecto del biácida, que se pierde al reaccionar con la materia orgánica, y esta reacción puede dar lugar a la formación de subproductos de la desinfección, como los trihalometanos y las tricloro aminas, nocivos para la salud humana. (Baños, 2018).

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 5
Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
1. Dependiente, (Y): La remoción de la turbidez	Propiedades fisicoquímicas del río Mala, en la localidad de Azpitia, provincia Cañete 2020	Y ₁ Turbidez Y ₂ pH Y ₃ sólidos suspendidos totales Y ₄ conductividad	Experimental (Análisis instrumental turbidímetro (Multiparámetro pH, Conductímetro, TDS, T°C) (en Laboratorio Acreditado)
2. Independiente, (X): Eficiencia del bagazo de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural.	Propiedades fisicoquímicas para caracterizar el bagazo o torta proteica de la semilla de la Moringa oleífera. Factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala con el bagazo o torta proteica de la semilla <i>Moringa oleífera</i> como coagulante natural. Parámetros de calidad Ambiental	X ₁ humedad X ₂ ceniza X ₃ % proteína X ₄ % grasa X ₅ % fibra cruda X ₆ Volumen de solución X ₇ turbidez X ₈ pH X ₉ temperatura X ₁₀ Concentración de coagulante X ₁₁ Tiempo - Físicas: turbidez TDS, TSS, - Químicas. PH - ECAs	Experimental Análisis Químico en Laboratorio Acreditado) Análisis estadístico Experimental Análisis Químico en Laboratorio Acreditado)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será la aplicada, cuyo principal propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables. La investigación aplicada parte (por lo general, aunque no siempre) del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución. (Carrasco, 2009).

4.1.2. Diseño de la investigación

El Diseño que se realizó fue experimental, debido a que “se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, p. 122).

En este estudio se buscó determinar la eficiencia del bagazo o la torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural (variable independiente) en la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala (variable dependiente). Trabajando con cuatro factores de la variable independientes:

- A. Grado de turbidez de las aguas del río Mala sin tratar,
- B. Concentración de la torta o bagazo de la semilla de la *Moringa oleífera*,
- C. La variación del pH, de la muestra de las aguas del río Mala a evaluar
- D. El tiempo de sedimentación.

Ver la tabla 6, donde se aprecia los niveles aplicados de cada uno de los factores de la variable independiente

Tabla 6*Diseño de investigación*

FACTORES	NIVELES
A: Turbidez. Agua turbia a diferentes concentraciones de caolín	A ₁ = 100 ppm A ₂ = 150 ppm A ₃ = 200 ppm
B: Torta de semilla de <i>Moringa oleifera</i> seca pulverizada. Se preparará una disolución con 2,5 g de torta seca / 250 mL de agua destilada (10 ppm)	B ₁ = 30,93 mL de disolución. B ₂ = 52,64 mL de disolución. B ₃ = 75,27 mL de disolución.
C: pH. Se ajustará el pH a cada jarra, de acuerdo al diseño experimental.	C ₁ = 5 medio ácido C ₂ = 7 medio neutro C ₃ = 9 medio alcalino
D: Tiempo se evalúa el rendimiento de la torta proteica en tres tiempos	D1= 30 minutos D2 = 60 minutos D3 = 90 minutos
Temperatura de Laboratorio.	De 18,5 °C a 20,0 °C

4.2 Método de investigación

a. Materiales de Laboratorio, Equipos e Insumos

Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado (1 L, 100 mL, 200 mL, 500 mL)
- Buretas
- Pipetas
- Mortero y pilón
- Tamiz
- Matraz
- Otros: embudo, bagueta, pisceta, guantes, papel tisú, papel filtro, baldes, cuchillo, espátulas, bandejas.

Equipos

- ✓ Equipo de Test de Jarras
- ✓ Medidor Digital de Turbidez EZODO TUB-430 (Turbidímetro)
- ✓ Medidor Multiparametro (pH – conductividad – temperatura - sólidos disueltos totales) modelo 7200 marca EZODO.
 - pH

- conductividad
- solidos totales
- temperatura
- ✓ Equipo Soxhlet
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Estufa

Insumos y Reactivos Químicos

- ✓ Bagazo o torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*.
- ✓ Agua destilada
- ✓ Caolín
- ✓ solución de COOH-CH₃ 0.1 M
- ✓ solución de NaOH 0.1 M
- ✓ Sulfato de Aluminio (Al₂(SO₄)₃.14H₂O)
- ✓ Cloruro férrico
- ✓ Floculantes sintéticos aniónicos y catiónicos.
- ✓ Reactivo ácido sulfúrico 0,1 N

b. Toma de muestras de agua de rio

- Las muestras de agua cruda, para ser caracterizada, fue tomada de la margen derecha del rio Mala, en el tramo que pasa por la localidad de Azpitia.
- Se llevaron a cabo ocho muestreos entre los meses de octubre, noviembre, febrero y marzo entre el final del periodo seco y el periodo de lluvias en la región.

c. Preparación de la solución coagulante

- El bagazo o torta proteica de la semilla de moringa, producto del residuo de la extracción de aceite de semilla de moringa por el método Soxhlet.
- Se secó en una estufa durante 12 h a 60°C, para después ser molido con un molino manual para granos y en un mortero con pilón.

- Se tamizó la torta proteica para uniformizar el tamaño de partícula, en un tamiz de malla 500 μm .
- El polvo fino preparado (2,5 g), se disolvió con agua destilada, preparándose 250 mL de “disolución madre” con una concentración de 10 000 ppm.
- La disolución se filtró en un embudo con papel filtro Whatman, para evitar presencia de material en suspensión, que pudo haber alterado los valores de la turbidez y será utilizado como coagulante.
- Se prepararon concentraciones de 300, 500 y 700 ppm, en los respectivos vasos de un equipo de Test de Jarras, añadiendo con una bureta los volúmenes necesarios de la disolución madre obtenida (10 000 ppm) de bagazo o torta de la semilla de *Moringa oleífera*.

Técnica de preparación de las diferentes concentraciones de coagulante: La solución filtrada de concentración 10 000 ppm de bagazo o torta proteica, del paso anterior, se colocó en una bureta, empleándose la siguiente relación, para cada una de las jarras que contenía un litro de la muestra tratada

$$[\text{solución madre}] = [1 \text{ litro de la muestra analizada}]$$

Co. Vo = Ca. Va

Co: Concentración de la solución madre del coagulante de moringa.

Vo: Volumen del coagulante agregado a la jarra.

Ca: Concentración de análisis en la jarra.

Va: Volumen de muestra más coagulante (1000+Vo) mL

Así, para preparar soluciones de coagulante de concentraciones 300, 500 y 700 ppm tomamos respectivamente 30,928; 52,632 y 75,269 mL de la solución madre.

d. Preparación del agua sintética

El agua sintética se preparó agregando caolín (grado analítico), en agua potable 24 horas antes de su utilización para garantizar la hidratación de las partículas, así se obtendrán valores de turbidez más exactos (recomendado para valores de 40 a 100 NTU).

Los valores de pH se ajustaron adicionando ácido acético a la concentración 0,1 N e hidróxido de sodio 0,1N hasta alcanzar el pH requerido (5,0 – 9,0) de acuerdo a las condiciones de operación establecidas

e. Proceso de coagulación

- La evaluación de la coagulación se llevó a cabo utilizando el Equipo de Test de Jarras.
- Se utilizó 1 L de agua sintética en cada una de las 4 jarras del equipo, tomando uno de ellos como referente (a pH normal, sin modificar). Posteriormente, se agregó el coagulante.
- Las dosis de coagulante calculado teóricamente, se agregaron a cada jarra utilizando una bureta graduada.
- Se midió el pH inicial de la muestra, ajustándose los pH en cada jarra en un rango de pH de 5 a 9. Para el pH=5 con ácido acético a 0,1N y para pH=9 se ajustó con hidróxido de sodio a 0,1N de acuerdo a las condiciones de operación de pH de trabajo requerido.
- Luego en el Equipo de Test de jarras se programó los tiempos y velocidades de coagulación y floculación.
- Para la coagulación se programó una velocidad de 200 rpm durante 3 minutos.

f. Proceso de Floculación

Para que se lleve a cabo la floculación se programó el equipo de Test de Jarra a la velocidad de 40 rpm durante 20 minutos.

g. Proceso de Sedimentación

- La eficiencia de la Torta Proteica en la sedimentación se analizó en

tres tiempos, en 30, 60 y 90 minutos.

- Se realiza la 1era medición de turbidez a 30 minutos de sedimentación.
- Los ensayos se realizaron en tres niveles, para diferentes valores de turbidez inicial y a diferentes dosis del coagulante de acuerdo al requerimiento del Modelo estadístico Taguchi.
- Los parámetros fisicoquímicos, se midieron antes y después del tratamiento de cada una de las muestras.
- Para determinar la concentración óptima se consideró la menor concentración del coagulante que removió el mayor valor de turbidez, como se observa en la Figura 14.

Figura 14

Tomando muestras al final del proceso de remoción de turbidez FIQ-UNAC



h. Parámetros a analizar

La turbidez, conductividad, sólidos totales y pH de los cuerpos de agua se determinaron según los métodos estándar (APHA *et al.* 1998).

Para determinar la turbidez se utilizó un turbidímetro digital Hach Modelo 2100Q, calibrado con estándares de formazina, mientras que el pH y la temperatura, se midió en un equipo multiparametro Ezodo,

como se observa en la Figura 15.

Figura 15

Mediciones de las Variables al Inicio del Proceso en el Laboratorio de Soluciones Químicas Ambientales SQA



Turbidez: 409 NTU; pH:7,77 (24,7°C); TDS: 98 ppm (25.0°C) y el Equipo de Test de Jarras.

DIAGRAMAS DE FLUJOS

Figura 16:

Diagrama de Flujo Utilizando solo la Torta Proteica de Moringa oleífera

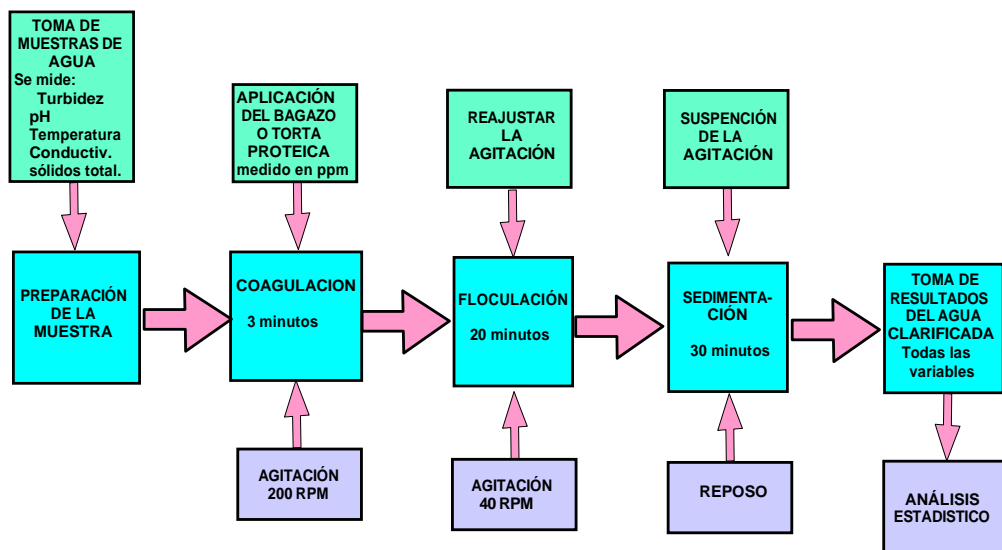
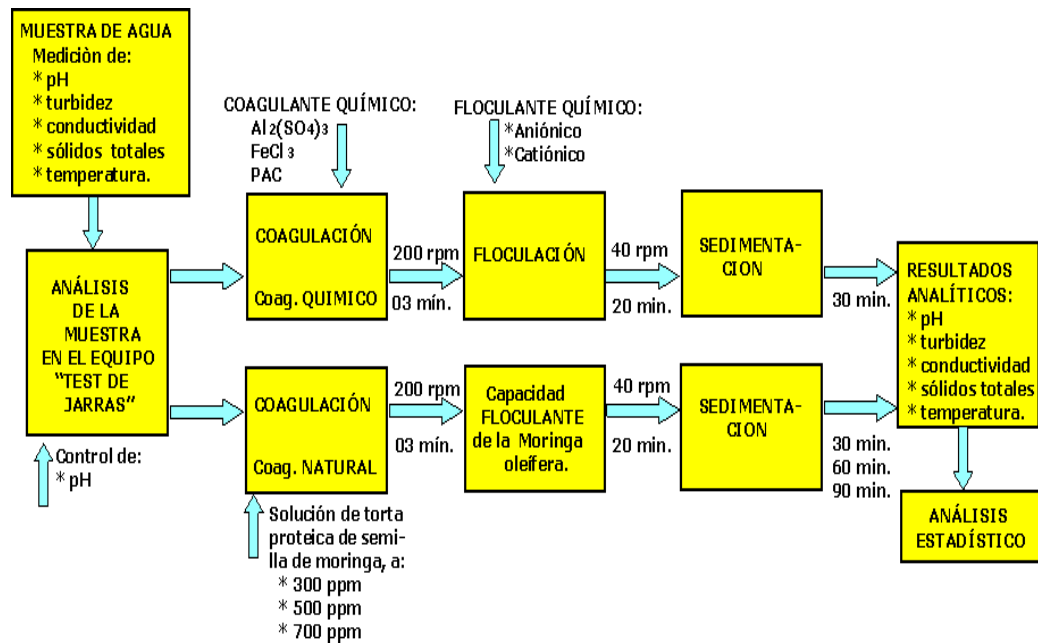


Figura 17:

Diagrama de Flujo comparativa coagulantes orgánicos e inorgánicos



4.3 Población y muestra

4.3.1. Población

En la presente investigación la población está constituida por el Agua de la Cuenca del río Mala en la zona de la localidad de Azpitia, distrito de Santa Cruz de Flores, provincia de Cañete y departamento de Lima. Como se muestra en la Figura 18, y las características de la cuenca se muestra en la tabla 7.

Figura 18

Ubicación de Azpitia en el Plano de Lima Sur



Fuente: page lines word press framewor

Tabla 7

Aspectos generales de la cuenca

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCION
Nombre de la cuenca	Mala
Vertiente hidrográfica	Pacífico
Código	137552
Jurisdicción (ALA)	Mala Omas Cañete
Superficie	2 332.07 km ²
Río Principal	Río Mala
Tributarios principales	02: ríos Acacacha, Ayaviri
Principales usos	Poblacional, agrícola, industriales.
Altitud Máxima	5851 msnm
Longitud de Río principal	144,8 Km aproximadamente

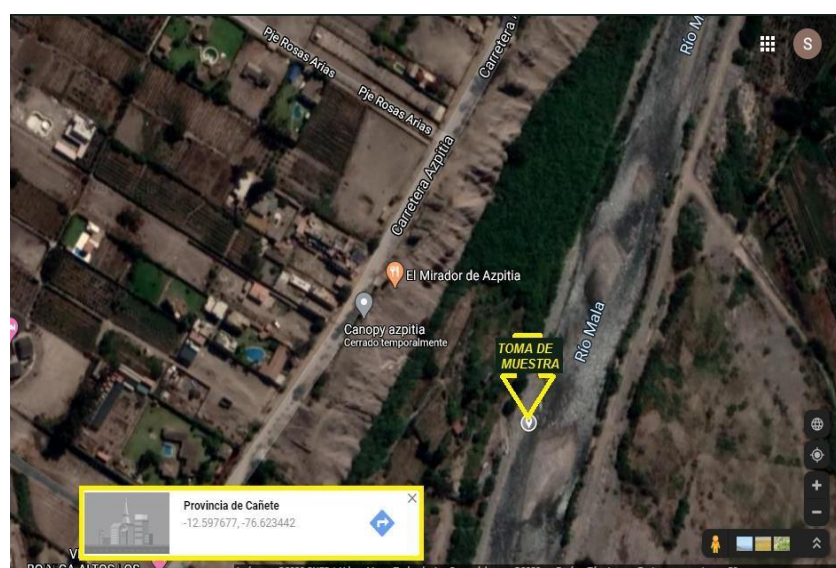
Fuente: Informe Técnico N° 036-2014-ANA-DGCRH-VIG

4.3.2 Muestra

Las muestras del cuerpo de agua, se tomó directamente del Río Mala, próximas al punto cuyas coordenadas geográficas son: X: -12.597677, Y: -76.623442, en recipientes esterilizados, como se observa en la Figura 19 y fue trasladado inmediatamente al laboratorio de operaciones unitarias, LOPU FIQ-UNAC para su análisis.

Figura 19

Punto de toma de muestra en el río Mala



Fuente: <https://google.com/maps>.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El estudio se realizó en dos laboratorios diferentes, debido a la pandemia Covid-19, por lo cual la Universidad Nacional del Callao cerraron sus puertas

- Laboratorio de Soluciones Químicas Ambientales SQA., como se observa en la Figura 20 y Figura 21.
- En el Laboratorio Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la FIQ – UNAC como se muestra en la Figura 22.

Figura 20

Control del pH, turbidez, temperatura, conductividad y solidos totales iniciales en cada muestra, en el laboratorio de SQA.



Figura 21

Muestras en proceso de coagulación-floculación y sedimentación



Figura 22

Laboratorio de Operaciones Unitarias de FIQ-UNAC con el equipo Test de Jarras



4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

4.5.1 Técnicas

Según Sánchez y Reyes (2015) afirma que “Las técnicas son los medios por los cuales se procede a recoger información requerida de una realidad o fenómeno en función a los objetivos de la investigación” (p.163).

La técnica que se utilizó fue la experimentación.

4.5.2 Instrumento

Según Sánchez y Reyes (2015) mencionan que los instrumentos “Son las herramientas específicas que se emplean en el proceso de recogida de datos” (p.166)

En esta investigación se utilizó como Instrumento de recolección de datos, el diagrama de Taguchi.

Tabla 8*Instrumento de recolección de datos.*

N° de Ítem	Concentración de caolín (ppm)	Turbidez del agua turbia sintética (NTU)	Disolución de Torta de la Moringa oleífera (mL)	pH de la disolución problema en cada jarra	Turbidez después del tratamiento (NTU)
	X	A	B	C	Y
1	X1	A1	B1	C1	.....
2	X1	A1	B2	C2	.....
3	X1	A1	B3	C3	.....
4	X2	A2	B1	C2	.....
5	X2	A2	B2	C3	.....
6	X2	A2	B3	C1	.....
7	X3	A3	B1	C3	.....
8	X3	A3	B2	C1	.....
9	X3	A3	B3	C2	.....

Método Taguchi.

4.6. Análisis y procedimiento de datos

Luego de haber recopilado los datos en la tabla “Concentración del bagazo o torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera* y cantidad de la remoción de la turbidez”, Se procedió a organizar los datos en el software Microsoft Office Excel, teniendo en consideración el número de ítems por dimensión y su respectiva sumatoria parcial, así como también la suma total de los datos recolectados a través del instrumento que mide la variable.

En cuanto al análisis estadístico, se realizaron mediante el software estadístico SPSS 25, Se evaluó la prueba de normalidad para determinar la prueba de hipótesis, luego se realizó la prueba paramétrica de Anova para ver si la distribución de datos es normal o la prueba no paramétrica, Kruskal Wallis, lo cual había datos que no cumplieron una distribución normal, este procedimiento se utilizó para cada una de las hipótesis, se procedió a describir esos datos en una tabla de los mínimos, máximos,

medias y desviaciones estándar para los diferentes porcentajes de eliminación de turbidez empleando una concentración de coagulante torta proteica. Luego se mostraron los diagramas de cajas y bigotes para visualizar y describir las distribuciones que muestran las cantidades indicadas, resultados que se presentan en tablas de frecuencia y gráficos, finalmente se realizó la discusión de resultados.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Experimentales

El Instrumento de la base de datos de la remoción de la turbidez de las aguas superficiales del río Mala con el Coagulante natural torta proteica de la semilla de la *Moringa oleifera*, se muestran los resultados en las tablas 9, 10 y 11.

DATOS INICIALES DE LAS TABLAS: 09, 10 Y 11

- En la tabla 09 los datos iniciales son: Turbidez, 342 NTU; conductividad, 198 (24.5°C) $\mu\text{S}/\text{cm}$ y TDS. 133 (24.5°C) ppm
- En la tabla 10 los datos iniciales son: Turbidez, 20.3 NTU; conductividad, 131 (23.9°C) $\mu\text{S}/\text{cm}$ y TDS. 91 (24.1°C) ppm.
- En la tabla 11 los datos iniciales son: Turbidez, 328 NTU; conductividad, 349(19.1°C) $\mu\text{S}/\text{cm}$ y TDS. 349(19.1°C) ppm

Tabla 9

Análisis del Agua Superficial de Azpitia (I)

ENTRADA			SALIDA			
Coagulante ppm	pH TRABAJO	Ph final	TURBIDEZ NTU	COND $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS PPM	TIEMPO MIN
300	5.00 (24.8°C)	5.21 (25.0°C)	24.2	220 (24.5°C)	147 (25.2°C)	30
300	5.00 (24.8°C)	5.20 (25.2°C)	19.19	215 (25.0°C)	143 (25.0°C)	60
300	7.74 (24.8°C)	7.35 (25.0°C)	43.2	198 (24.4°C)	132 (24.2°C)	30
300	7.74 (24.8°C)	7.44 (25.0°C)	38.1	196 (25.0 °C)	131 (25.4°C)	60
300	7.05 (25.3°C)	7.48 (23.8°C)	67.5	128 (24.3°C)	121 (24.4 °C)	30
300	7.05 (25.3°C)	7.53 (24.2°C)	51.5	199 (24.3°C)	134 (24.3°C)	60
300	7.74 (25.1°C)	7.26 (23.9°C)	46.7	208 (24.7°C)	139 (24.5°C)	30
300	9.04 (24.9°C)	8.37 (24.2°C)	31	226 (24.9°C)	151 (24.2°C)	30
300	9.04 (24.9°C)	8.48 (24.2°C)	23	224 (24.0°C)	149 (24.0°C)	90
300	7.67 (24.9°C)	7.55 (24.4°C)	19.2	197 (24.2°C)	131 (24.0°C)	30
300	7.67 (24.9°C)	7.61 (24.2°C)	13.39	199 (23.9°C)	133 (23.9°C)	90
500	7.02 (24.5°C)	7.05(24.9°C)	31.2	201(24.6°C)	134 (24.7°C)	30
500	7.02 (24.5°C)	7.01 (25.0°C)	20.9	207 (25.0°C)	139 (25.0°C)	60
500	9.03 (25.1°C)	8.43 (24.2°C)	14.1	228 (24.3°C)	152 (24.3°C)	30
500	9.03 (25.1°C)	8.40 (23.4°C)	11.2	230 (24.2°C)	154 (24.2°C)	60
500	5.02 (24.8°C)	5.25 (24.5°C)	60.8	211 (24.1°C)	142 (24.1°C)	30
500	5.02 (24.8°C)	5.35 (24.2°C)	24.2	202 (24.2°C)	134 (24.2°C)	90
700	9.05 (24.5°C)	7.94 (25.2°C)	13.15	235 (24.8°C)	158 (24.6°C)	30

ENTRADA			SALIDA			
Coagulante ppm	pH TRABAJO	Ph final	TURBIDEZ NTU	COND μS/cm	TDS PPM	TIEMPO MIN
700	9.05 (24.5°C)	7.95 (25.0°C)	6.94	238 (25.2°C)	159 (25.2°C)	60
700	5.01 (25.3°C)	5.23 (24.3°C)	40.5	206 (24.4°C)	138 (24.5°C)	30
700	5.01 (25.3°C)	5.36 (23.7°C)	15.76	208 (24.1°C)	139 (24.1°C)	60
700	7.02 (24.7°C)	7.08 (24.6°C)	16	210 (24.2°C)	141 (24.2°C)	30
700	7.02 (24.7°C)	7.10 (24.4°C)	7.29	210 (24.2°C)	140 (24.3°C)	90
150	5.02(25.02°C)	5.67 (23.4°C)	18.42	200 (23.7°C)	135 (23.6°C)	30
150	5.02(25.02°C)	5.64 (23.8°C)	12.31	201 (23.5°C)	134 (23.5°C)	60
150	5.02(25.02°C)	5.56 (23.8°C)	11.62	210 (23.7°C)	140 (23.6°C)	90
150	7.69 (24.8°C)	7.07 (23.7°C)	44.3	186 (23.7°C)	125 (23.5°C)	30
150	7.69 (24.8°C)	7.13 (23.5°C)	33.5	196 (23.4°C)	131 (23.4 °C)	60
150	7.69 (24.8°C)	7.14 (23.3°C)	29.6	191 (23.7°C)	129 (23.7°C)	90
150	7.01(24.9°C)	7.24 (23.9°C)	46.3	194 (25.9°C)	129 (25.8°C)	30
150	7.01(24.9°C)	7.28 (23.9°C)	35.4	195 (24.2°C)	131 (24.2°C)	60
150	7.01(24.9°C)	7.21 (24.4°C)	31.4	197 (24.0°C)	131 (23.9°C)	90
150	7.77(24.6°C)	7.58 (25.0°C)	65.3	190 (25.8°C)	127 (24.4°C)	30
150	7.77(24.6°C)	7.66 (24.7°C)	57.7	192 (24.3°C)	128 (24.2°C)	60
150	7.77(24.6°C)	7.50 (24.3°C)	53.9	192 (23.9°C)	127 (23.9°C)	90
150	9.03 (25.4°C)	8.53 (24. 6°C)	20.7	229 (24.8°C)	154 (24.7°C)	40
150	9.03 (25.4°C)	8.47 (24.5°C)	18.47	235 (24.7°C)	156 (24.5°C)	90
150	7.74 (25.1°C)	7.56 (24.7°C)	55.5	188 (24.0°C)	125 (24.7°C)	40
150	7.74 (25.1°C)	7.56 (24.5°C)	47.3	192 (24.3°C)	128 (24.5°C)	90
250	7.04 (24.9°C)	6.98 (23.7°C)	36.3	192 (23.9°C)	128 (23.9°C)	30
250	7.04 (24.9°C)	7.00 (23.5°C)	28.8	199 (23.5°C)	133 (23.5°C)	60
250	7.04 (24.9°C)	6.99 (23.4°C)	18.47	196 (23.5°C)	131 (23.5°C)	90
250	9.01 (24.7°C)	8.69 (24.9°C)	41.6	210 (25.4°C)	141 (25.4°C)	30
250	9.01 (24.7°C)	8.59 (24.7°C)	36.5	209 (24.3°C)	141 (24.3°C)	60
250	9.01 (24.7°C)	8.46 (24.4°C)	34.3	210 (24.0°C)	140 (24.0°C)	90
250	5.03 (25.1°C)	5.46 (24.7°C)	41.5	202 (24.6°C)	135 (24.6°C)	40
250	5.03 (25.1°C)	5.45 (24.7°C)	19.4	202 (24.4°C)	135 (24.4°C)	90
350	9.03 (24.8°C)	7.05 (23.9°C)	24.6	211 (23.9°C)	142 (23.9°C)	30
350	9.03 (24.8°C)	7.05 (23.3°C)	17.63	218 (23.6°C)	146 (23.6°C)	60
350	9.03 (24.8°C)	7.06 (23.3°C)	16	217 (23.1°C)	145 (23.3°C)	90
350	5.01 (24.6°C)	5.42 (24.8°C)	27.7	192 (25.4°C)	129 (25.4°C)	30
350	5.01 (24.6°C)	5.51 (24.0°C)	20.8	191 (24.1°C)	127 (24.0°C)	60
350	5.01 (24.6°C)	5.50 (24.7°C)	16.5	194 (24.2°C)	129 (24.2°C)	90
350	7.03 (25.2°C)	7.17 (24.9°C)	17.6	193 (24.7°C)	129 (24.7°C)	40
350	7.03 (25.2°C)	7.25 (24.6°C)	14.23	196 (24.7°C)	131 (24.7°C)	90

Tabla 10*Análisis del Agua Superficial de Azpitia (II)*

ENTRADA			SALIDA			
Coagulante ppm	pH TRABAJO	Ph final	TURBIDEZ NTU	COND μS/cm	TDS PPM	TIEMPO MIN
300	5.02 (25.4°C)	5.13 (24.0°C)	11.72	168 (24.3°C)	108 (24.3°C)	60
300	7.00 (24.8°C)	7.01 (25.3°C)	14.8	155 (25.0°C)	102 (25.0°C)	60
300	7.36 (24.9°C)	7.18 (25.2°C)	11.03	136 (24.3°C)	091 (24.3°C)	60
300	9.00 (24.3°C)	7.12 (23.7°C)	4.48	178 (24.3°C)	119 (24.3°C)	60
300	7.12 (24.0°C)	6.72 (23.8°C)	24.2	138 (24.0°C)	092 (24.0°C)	60
500	9.01 (24.7°C)	8.59 (25.3°C)	4.53	167 (24.3°C)	107 (24.3°C)	60
500	7.41 (24.9°C)	7.15 (23.9°C)	6.45	156 (24.2°C)	105 (24.3°C)	60
500	7.02 (24.5°C)	7.06 (24.2°C)	7.19	194 (24.4°C)	131 (24.5°C)	60
500	5.05 (24.0°C)	5.32 (23.8°C)	26.5	150 (24.3°C)	100 (24.3°C)	60
700	7.02 (24.3°C)	6.30 (24.0°C)	10.24	156 (24.2°C)	105 (24.2°C)	60
700	9.03 (25.1°C)	8.38 (24.3°C)	4.38	199 (24.4°C)	131 (24.4°C)	60
700	5.03 (24.9°C)	5.19 (25.2°C)	13.45	161 (24.5°C)	097 (24.5°C)	60

Tabla 11*Análisis del Agua Superficial de Azpitia (III)*

ENTRADA			SALIDA			
Coagulante ppm	pH trabajo	pH final	Turbidez NTU	CONDUCTIV uS/cm	TDS ppm	tiempo MINUTOS
300	8.07(19.9°C)	7.56 (19.9°C)	27.3	465 (20.4°C)	311 (20.4°C)	30
300	8.07(20.0°C)	6.62 (20.4°C)	24.4	510 (20.2°C)	342 (20.2°C)	60
300	8.07(19.9°C)	8.07 (20.0°C)	21.3	252 (20.2°C)	168 (20.2°C)	90
300	8.99 (19.5°C)	8.80 (19.4°C)	16,0	477 (19.7°C)	320 (19.7°C)	30
300	8.99 (19.5°C)	8.75 (19.4°C)	13.8	490 (19.9 °C)	328 (19.9°C)	60
300	8.99 (19.5°C)	8.77 (20.1°C)	13.4	508 (19.8°C)	198 (19.8°C)	90
500	7.89 (19.4°C)	7.80 (20.1°C)	13.6	505 (20.0°C)	338 (20.0°C)	30
500	7.89 (19.4°C)	7.12 (20.3°C)	12.7	504 (20.3°C)	337 (20.3°C)	60
500	7.89 (19.4°C)	7.99 (20.0°C)	10.9	494 (20.2°C)	332 (20.2°C)	90
500	8.01 (19.9°C)	7.86 (20.2°C)	12	511 (20.3°C)	342 (20.3°C)	30
500	8.01 (19.9°C)	7.76 (20.3°C)	12.1	497 (20.3°C)	333 (20.3°C)	60
500	8.01 (19.9°C)	7.96 (20.0°C)	10.5	510 (20.0°C)	341 (20.0°C)	90
500	7.89 (19.4°C)	8.21 (19.5°C)	14.8	510 (19.4°C)	341 (19.4°C)	30
500	7.89 (19.4°C)	7.97 (20.0°C)	14.1	502 (19.9°C)	336 (19.9°C)	60
500	7.89 (19.4°C)	8.06 (20.0°C)	12.9	496 (19.8°C)	332 (19.8°C)	90
500	9.01 (19.5°)	8.75 (20.2°C)	6.4	512 (19.4°C)	343 (19.4°C)	30
500	9.01 (19.5°)	8.82 (19.5°C)	7.2	513 (19.3°C)	343 (19.3°C)	60
500	9.01 (19.5°)	7.95 (20.2°C)	13.2	505 (19.9°C)	338 (19.9°C)	90
700	8.06 (19.5°C)	7.84 (20.3°C)	6.79	493 (20.3°C)	329 (20.3°C)	30
700	8.06 (19.5°C)	7.77 (20.3°C)	6.48	496 (20.2°C)	332 (20.2°C)	60
700	8.06 (19.5°C)	7.92 (20.0°C)	5.92	497 (20.0°C)	333 (20.0°C)	90
700	9.0 (29.5°C)	8.70 (19.7°C)	1.91	529 (19.5°C)	355 (19.5°C)	30
700	9.0 (29.5°C)	8.77 (20.0°C)	1.41	515 (19.5°C)	345 (19.5°C)	60
700	9.0 (29.5°C)	8.61 (20.0°C)	4.11	530 (19.9°C)	355 (19.9°C)	90

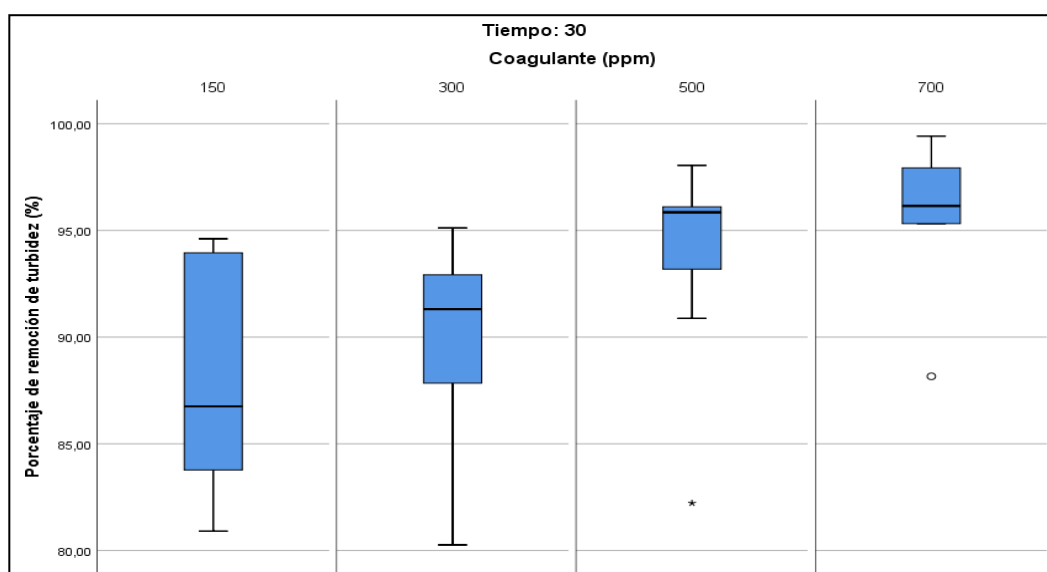
5.2. Resultados Descriptivos sobre la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala

A continuación, se muestran los estadísticos descriptivos para las cantidades de porcentajes de remoción de la turbidez de las aguas del río Mala con el coagulante natural Torta Proteica de la semilla de *Moringa oleífera*. Luego se muestran los diagramas de cajas y bigotes para observar visualmente las distribuciones que muestran las cantidades indicadas

En el gráfico 1 se observa que, a los 30 minutos luego de haber aplicado una concentración de 700 ppm de torta proteica de la semilla de la *Moringa oleífera*, la distribución de los porcentajes de remoción de la turbidez de las aguas del río Mala tuvo un valor mínimo atípico de 88,16% y un máximo de 99,42%. Además, tuvo una mediana de 96,15%. Por lo cual, se aprecia que utilizando 700 ppm de la mencionada torta de moringa se presentó una mayor cantidad remoción en comparación a las demás concentraciones.

Gráfico 1

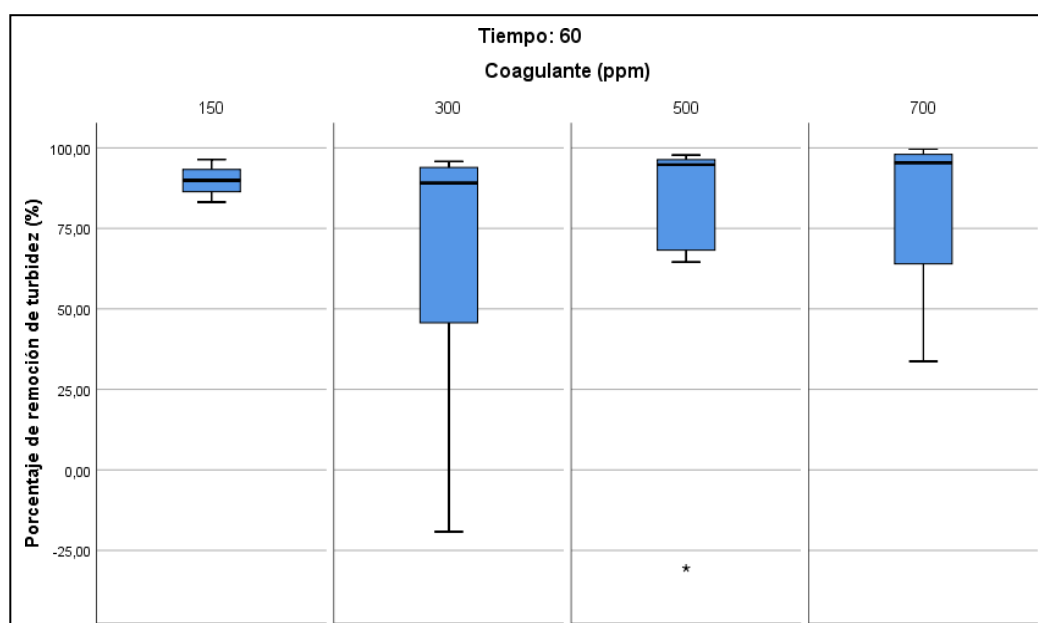
Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de turbidez del río Mala a 30 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera



De acuerdo al gráfico 2 se evidencia que, a los 60 minutos luego de haber aplicado una concentración de 150 ppm del coagulante Torta Proteica, la distribución de los porcentajes de remoción de la turbidez de las aguas del río Mala tuvo una mediana de 89,93%, un valor mínimo de 83,13% y un máximo de 96,40%. De manera que se observa que utilizando 150 ppm de bagazo de semilla de moringa, se tuvo una mayor cantidad de remoción de turbidez en comparación a las demás concentraciones.

Gráfico 2

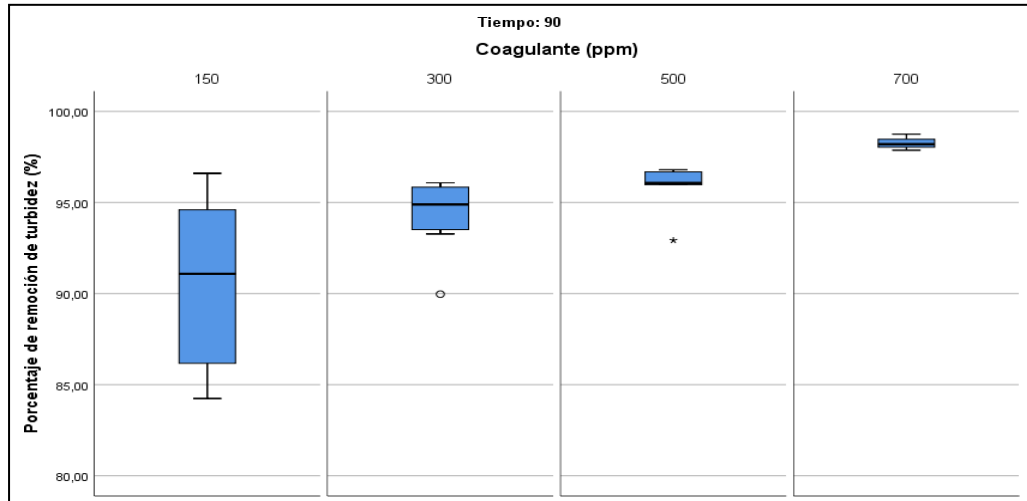
Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de la turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante Bagazo de semilla de Moringa oleífera.



En relación al gráfico 3, se muestra que, a los 90 minutos luego de haber aplicado una concentración de 700 ppm de coagulante, los porcentajes de remoción de la turbidez tuvieron un mínimo de 97,87%, un máximo de 98,75% y una mediana de 98,20%. Por lo cual, utilizando 700 ppm de torta proteica se tuvo una mayor remoción de turbidez en comparación a las otras concentraciones.

Gráfico 3

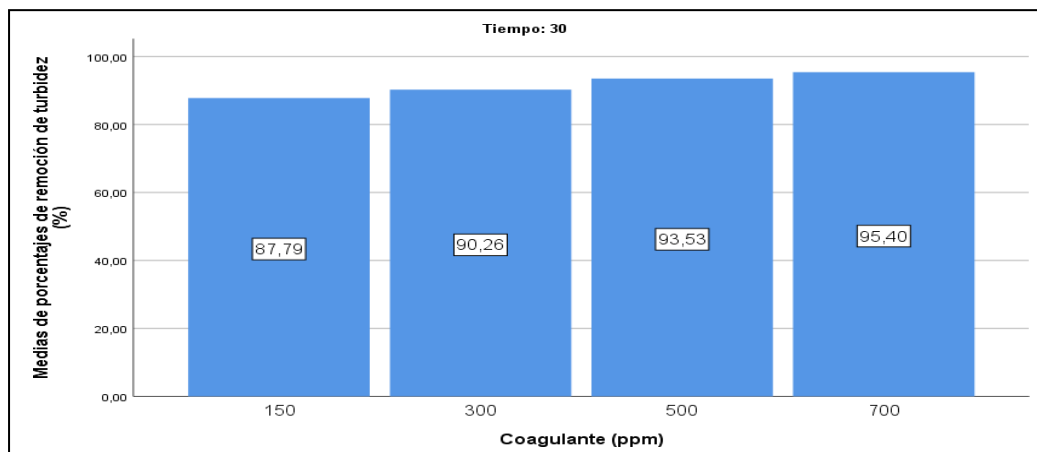
Diagrama de Cajas de Porcentajes de remoción de la turbidez a los 90 minutos aplicando el coagulante la torta proteica



Tal como se muestra en el gráfico 4, a los 30 minutos de aplicado el coagulante torta proteica de semilla de *Moringa oleífera*, se obtuvo una media mayor de porcentajes de remoción de turbidez de 95,40% utilizando una concentración de 700 ppm; seguido por la media de 93,53% empleando una concentración de 500 ppm.

Gráfico 4

Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 30 minutos aplicado el coagulante torta proteica de semilla de moringa.

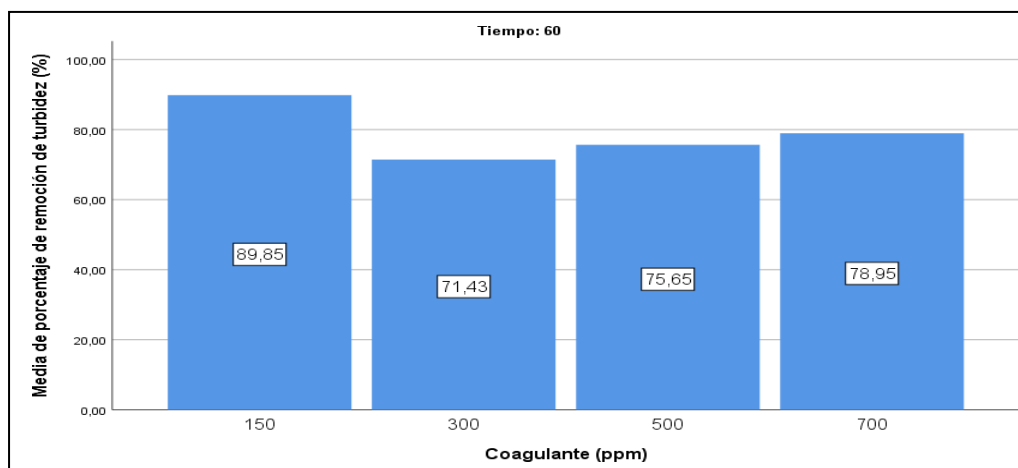


De acuerdo al gráfico 5 a los 60 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante, se conoció que la media mayor de remoción de turbidez de

89,85% se obtuvo utilizando una concentración de 150 ppm. Le continúa la media de 78,95% empleando una concentración de 700 ppm.

Gráfico 5

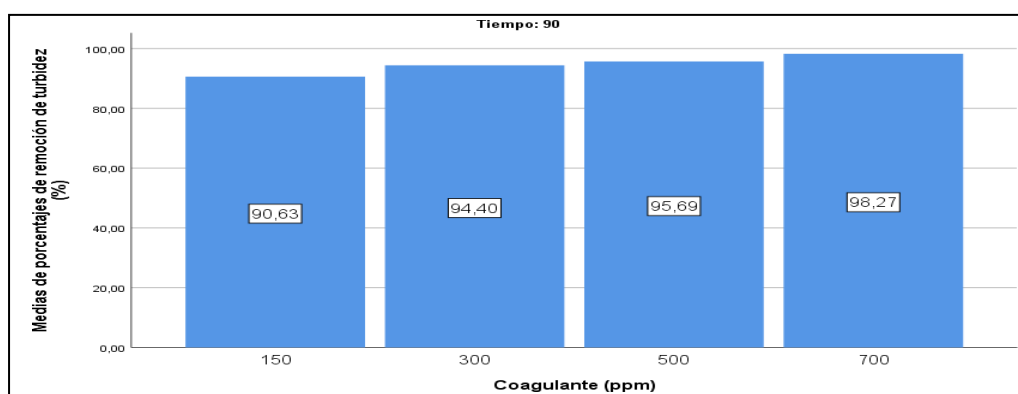
Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante de torta proteica



Tomando en consideración al gráfico 6, a los 90 minutos de aplicado el coagulante torta proteica de la *Moringa oleífera*, se obtuvo la media mayor de remoción de turbidez de 98,27% empleando una concentración de 700 ppm; seguido por la media de 95,69% empleando una concentración de 500 ppm.

Gráfico 6

Medias de Porcentajes de remoción de turbidez a 90 minutos de aplicado el coagulante torta proteica.

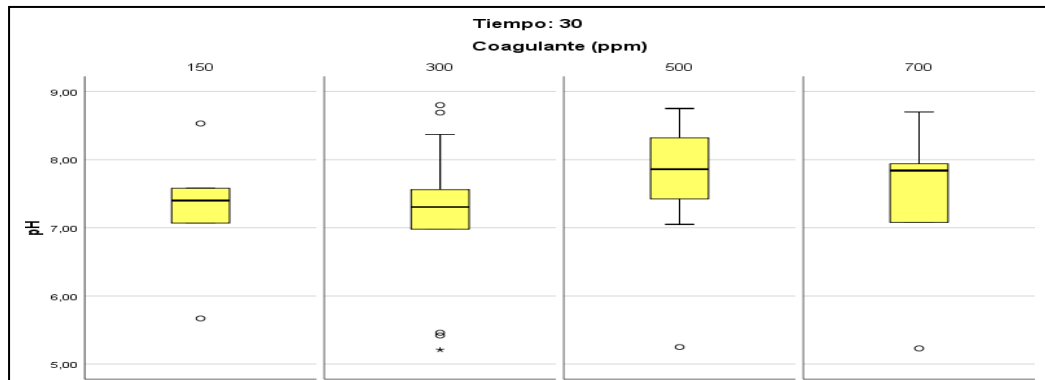


De acuerdo al gráfico 7 se aprecia que, a los 30 minutos luego de haber aplicado 300 ppm de coagulante bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, el pH de las aguas del río Mala tuvo un mínimo de 5,21 y un máximo de 8,53. Asimismo, la

mediana fue de 7,31. De manera que aplicando una concentración de 300 ppm de coagulante se obtuvo valores de pH más cercanos a un rango de pH de 7 a 9 a comparación de los pH de las otras concentraciones.

Gráfico 7

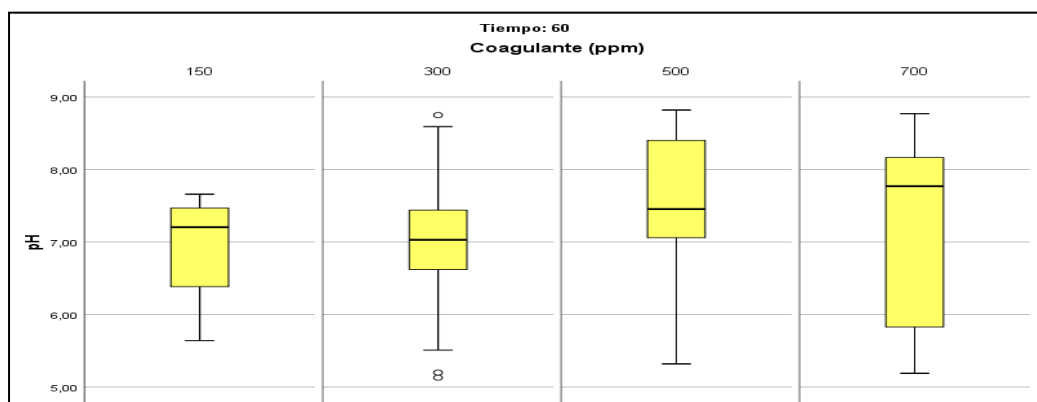
Diagrama de Cajas de bigotes de pH de aguas del río Mala a 30 minutos aplicado la torta proteica como coagulante.



En el gráfico 8, se muestra que, a los 60 minutos luego de haber aplicado una concentración de 150 ppm de torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, los valores sobre pH tuvieron un mínimo de 5,64, un máximo de 7,66; y además hubo una mediana de 7,21. Por lo cual se observa que esta distribución muestra valores más cercanos a un pH neutro comparándolo con los pH de las demás concentraciones.

Gráfico 8

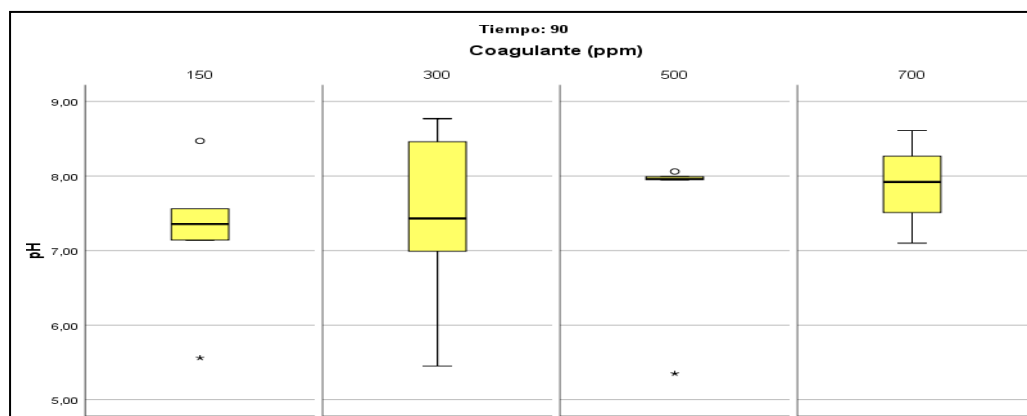
Diagrama de Cajas y bigotes de pH del río Mala a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de *Moringa oleífera*.



Según el gráfico 9 se aprecia que, a los 90 minutos luego de haber aplicado 150 ppm de torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, el pH de las aguas del río Mala tuvo un mínimo de 5,56 y un máximo de 8,47. Por su parte, la mediana fue de 7,36. Por lo cual se aprecia que empleando un coagulante a 300 ppm los valores de pH estuvieron más cercanos a un pH neutro a comparación de los pH de las otras concentraciones.

Gráfico 9

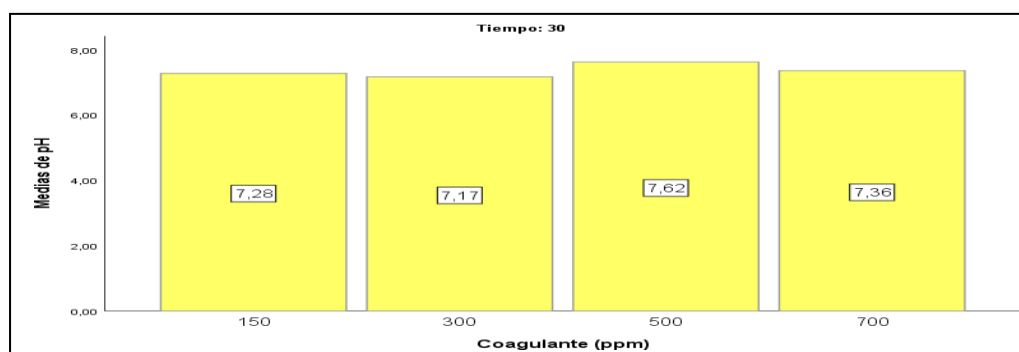
Diagrama de Caja y bigotes del pH de las Aguas del río Mala a 90 minutos aplicado el coagulante torta proteica



En el gráfico 10 se aprecia que, a los 30 minutos de aplicado las concentraciones de torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, se tuvo una media de pH de 7,17 más cerca al pH neutro con una concentración de 300 ppm; seguido por la media de 7,28 utilizando una concentración de 150 ppm.

Gráfico 10

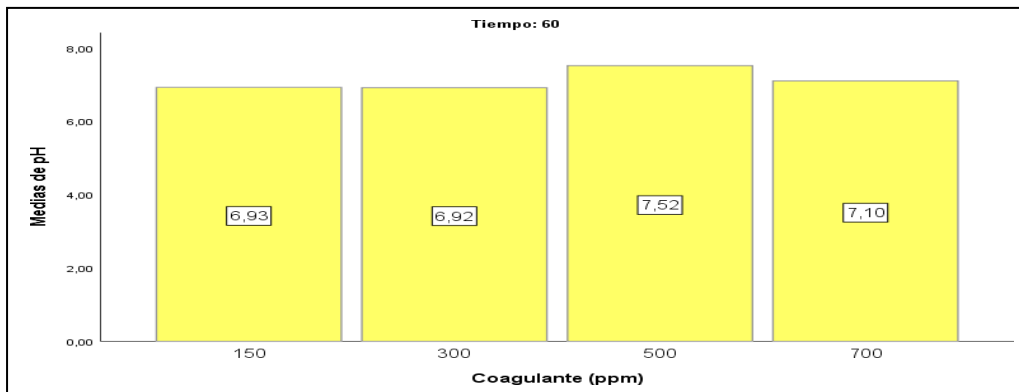
Medias de pH de las Aguas del Río Mala a 30 minutos aplicado la Torta Proteica como coagulante natural



De acuerdo al gráfico 11 se muestra que, a los 60 minutos de aplicado la coagulante torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, se consiguió una media de 6,93 más cerca al pH neutro con una concentración de 150 ppm. Le continúa la media de 6,92 utilizando una concentración de 300 ppm.

Gráfico 11

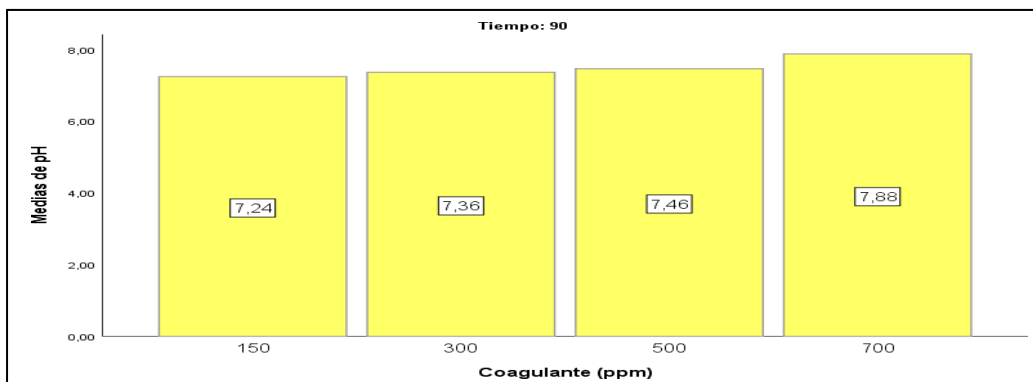
Medias de pH de las Aguas del Río Mala a 60 Minutos Aplicado el coagulante Torta Proteica



Tal como se aprecia en el gráfico 12 a los 90 minutos de aplicado las concentraciones de coagulante torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, se tuvo una media de 7,24 más cercana al pH neutro empleando una concentración de 150 ppm le sigue la media de pH de 7,36 empleando una concentración de Moringa a 300 ppm.

Gráfico 12

Medias de pH de las aguas del río Mala a 90 minutos aplicado el coagulante torta proteica



5.3. Resultados inferenciales de los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río mala

Con el propósito de decidir, el modo estadístico adecuado para relacionar adecuadamente los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala utilizando el bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural, en primer lugar, es necesario determinar si las remociones de la turbidez presentan distribución normal. La prueba ANOVA nos ayuda identificar cuando las cantidades poseen distribución normal; y la prueba de Kruskal-Wallis se utiliza cuando los resultados no presentan distribución normal.

En la presente investigación se utilizó la estadística paramétrica (ANOVA) y la no paramétrica (Kruskal-Wallis y Dunn-Bonferroni), estos valores se expresan desde la tabla 12 hasta la tabla 15. Los porcentajes de remoción de turbidez y los valores sobre los indicadores fisicoquímicos de pH, conductividad y sólidos disueltos totales registrados en distintos tiempos después de aplicar una disolución de bagazo de semilla de *Moringa oleífera*.

Tabla 12

Eficiencia del coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala

		Concentraciones de coagulante (ppm)									
		150 ppm		300 ppm		500 ppm		700 ppm		H	p
Porcentajes de remoción de Turbidez (%)	Tiempo	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE		
	30 min	87,79 _a	5,48	90,26	4,08	93,53	5,45	95,40 _b	4,35	10,906	0,012
	60 min	89,85	5,42	71,43	34,61	75,65	39,40	78,95	26,86	2,461	0,482
	90 min	90,63 _a	4,75	94,40	1,84	95,69	1,59	98,27 _b	0,44	12,067	0,007

Nota. H de Kruskal-Wallis. DE: Desviación estándar.

a y b: Indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

Observando tabla 12 se aprecia que, en los minutos 30 y 90, el porcentaje promedio de remoción de turbidez del coagulante de 700 ppm fue superior en eficiencia al coagulante de 150 ppm para mejorar la calidad de las aguas del río Mala ($p < 0,05$).

En la tabla 13, se muestra que, en los minutos 30 y 90, el promedio de los valores sobre conductividad y TDS del coagulante de 150 ppm fue significativamente inferior en cantidad al coagulante de 500 ppm para mejorar la calidad de las aguas del río Mala ($p < 0,05$).

Tabla 13

Eficiencia del coagulante de bagazo de la semilla de Moringa oleífera para mejorar las propiedades fisicoquímicas de las aguas del río Mala.

	Tiempo	Concentraciones de coagulante (ppm)								Estadístico	p
		150 ppm		300 ppm		500 ppm		700 ppm			
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE		
pH	30 min	7,28	0,93	7,17	1,13	7,62	1,18	7,36	1,32	F = 0,251	0,860
	60 min	6,93	0,89	6,92	1,08	7,52	1,03	7,10	1,47	F = 0,600	0,620
	90 min	7,24	0,95	7,36	1,17	7,46	1,18	7,88	0,76	H = 0,698	0,874
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	30 min	197,83 _a	16,06	237,07	101,70	382,57 _b	158,52	334,60	161,91	H = 12,637	0,005
	60 min	196,00	3,74	228,71	117,95	312,00	166,96	281,86	155,40	H = 1,839	0,606
	90 min	202,83 _a	17,29	239,80	95,90	441,40 _b	133,99	412,33	176,00	H = 9,613	0,022
Sólidos disueltos totales (ppm)	30 min	132,50 _a	11,17	161,14	65,91	256,00 _b	106,15	224,20	108,20	H = 12,351	0,006
	60 min	131,00	2,45	152,64	79,38	208,50	112,03	186,86	105,70	H = 1,732	0,630
	90 min	135,17 _a	11,23	145,90	21,76	295,40 _b	90,31	276,00	118,29	H = 10,751	0,013

Nota. H de Kruskal-Wallis y F de Anova. DE: Desviación estándar.

a y b: Indican Medias con diferentes subíndices difieren significativamente de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

En la tabla 14, se evidencia que, en los minutos 30, 60, 70, 90, y 100, los promedios de los porcentajes de remoción de turbidez de todas las concentraciones de coagulantes fueron igualmente significativos para mejorar la calidad de las aguas sintéticas de caolín ($p > 0,05$).

Tabla 14

Eficiencia del coagulante de bagazo semilla de Moringa oleífera para la remoción de la turbidez en agua sintética de caolín

	Tiempo	Concentraciones de coagulante (ppm)						Estadístico	p
		300 ppm		500 ppm		700 ppm			
		Media	DE	Media	DE	Media	DE		
Porcentajes de remoción de Turbidez (%)	30 min	69,35	15,06	68,06	20,85	62,03	25,02	F = 0,739	0,482
	60 min	82,11	9,02	73,54	9,28	76,37	19,63	F = 1,325	0,278
	70 min	80,58	17,19	77,98	21,88	80,03	17,04	H = 0,104	0,950
	90 min	83,35	7,61	74,42	8,49	82,07	17,55	H = 5,738	0,057
	110 min	82,94	13,71	88,22	12,14	90,84	11,83	H = 0,201	0,904

Nota. H de Kruskal-Wallis y F de Anova. DE: Desviación estándar.

De acuerdo a la tabla 15, también sobre la calidad de aguas sintéticas de caolín, se muestra que, en el minuto 110, solo el promedio de los valores sobre conductividad del coagulante de 300 ppm fue significativamente inferior al promedio del coagulante de 700 ppm ($p < 0,05$). Por otro lado, en el minuto 90 y 110, el promedio de los valores sobre TDS del coagulante de 300 ppm fue significativamente menor al promedio del coagulante de 700 ppm ($p < 0,05$).

Tabla 15

Eficiencia del coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera para mejorar las propiedades fisicoquímicas en agua sintética de caolín

Propiedades fisicoquímicas	Tiempo	Concentraciones de coagulante (ppm)						Estadístico	p
		300 ppm		500 ppm		700 ppm			
		Media	DE	Media	DE	Media	DE		
pH	30 min	7,33	1,04	7,38	1,08	7,11	1,24	H = 0,336	0,845
	60 min	7,61	0,85	6,80	1,10	7,09	1,13	H = 3,557	0,169
	70 min	7,13	1,21	7,37	0,90	7,33	1,19	H = 0,767	0,681
	90 min	7,57	0,86	6,85	1,16	7,30	1,05	H = 2,057	0,357
	110 min	7,10	1,17	7,65	0,59	8,00	0,06	H = 2,765	0,251
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	30 min	323,00	11,00	325,31	13,06	331,72	12,97	F = 2,748	0,073
	60 min	327,71	12,72	333,00	13,03	334,29	11,36	H = 3,897	0,143
	70 min	321,11	12,34	323,88	15,92	331,88	15,94	H = 3,393	0,183
	90 min	327,00	11,93	329,56	7,63	338,55	13,97	H = 4,998	0,082
	110 min	317,57 _a	8,73	323,50	16,34	348,33 _b	4,04	H = 6,878	0,032
Sólidos disueltos totales (ppm)	30 min	215,68	7,27	217,44	8,46	221,61	8,80	H = 5,090	0,078
	60 min	218,94	8,75	222,67	8,65	224,00	7,31	H = 4,920	0,085
	70 min	214,89	8,68	217,13	10,66	221,63	10,42	F = 1,004	0,383
	90 min	219,20 _a	7,57	220,67	5,27	227,45 _b	8,78	H = 7,322	0,026
	110 min	212,29 _a	5,85	216,00	10,89	232,67 _b	2,89	H = 6,878	0,032

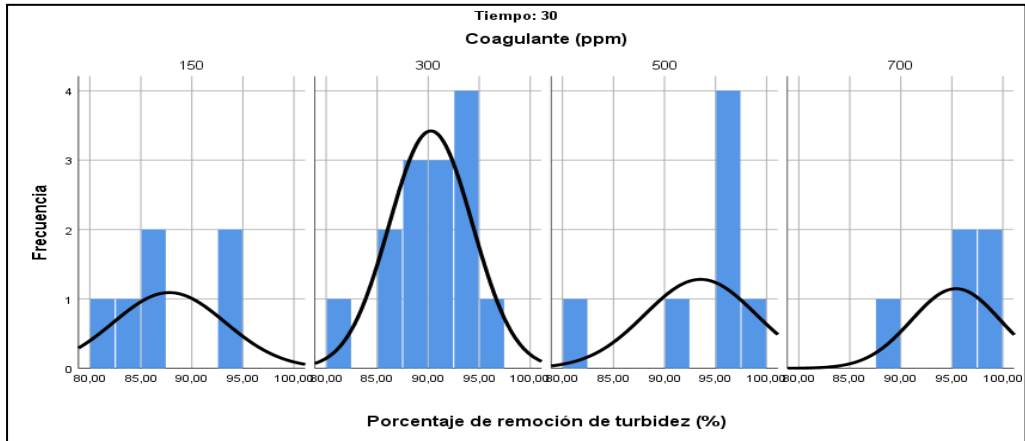
Nota. H de Kruskal-Wallis y F de Anova. DE: Desviación estándar.

a y b: Indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

En el gráfico 13 se observa que, a los 30 minutos luego de haber aplicado una concentración de 300 ppm del coagulante del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, los porcentajes de remoción de turbidez se distribuyen con más cercanía a la distribución normal. Por otro lado, se muestra que los porcentajes de remoción de turbidez tuvieron mejor asimetría empleando una concentración de 500 ppm de Moringa.

Gráfico 13:

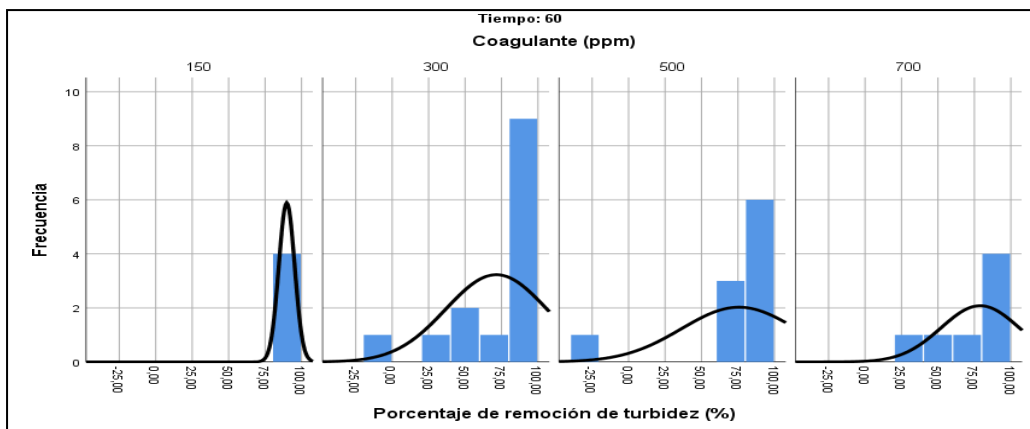
Histograma de porcentajes de remoción de turbidez a 30 minutos aplicado el coagulante torta proteica.



De acuerdo al gráfico 14 se observa que, a los 60 minutos luego de haber aplicado 150 ppm de coagulante bagazo o torta proteica, los porcentajes de remoción de turbidez se distribuyen con más cercanía a la distribución normal. Por el contrario, se muestra que los porcentajes de remoción que tuvieron mejor asimetría fueron los que se obtuvieron con una concentración de 500 ppm de coagulante de moringa.

Gráfico 14

Histograma de porcentajes de remoción de turbidez a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera



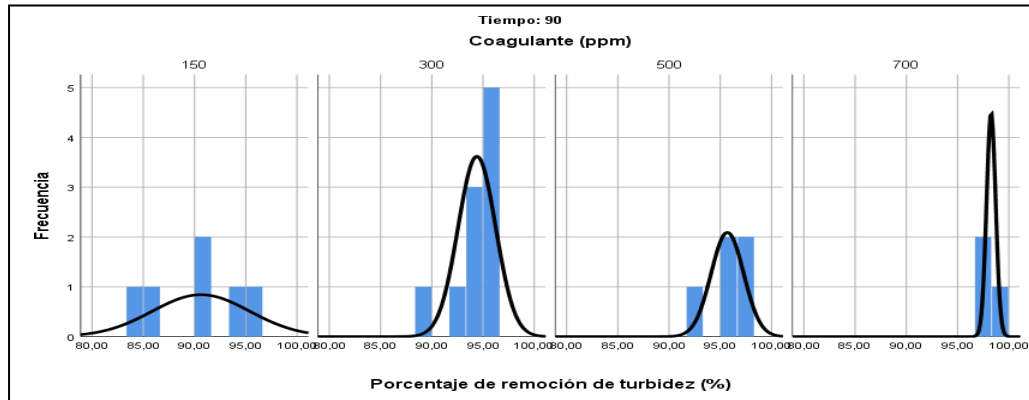
En el gráfico 15 se evidencia que, a los 90 minutos luego de haber aplicado 700 ppm de coagulante torta proteica, los porcentajes de

remoción de turbidez se distribuyen con más cercanía a la distribución normal.

Por su parte, en los porcentajes de remoción de turbidez con 500 ppm de moringa se obtuvo una mayor asimetría.

Gráfico 15

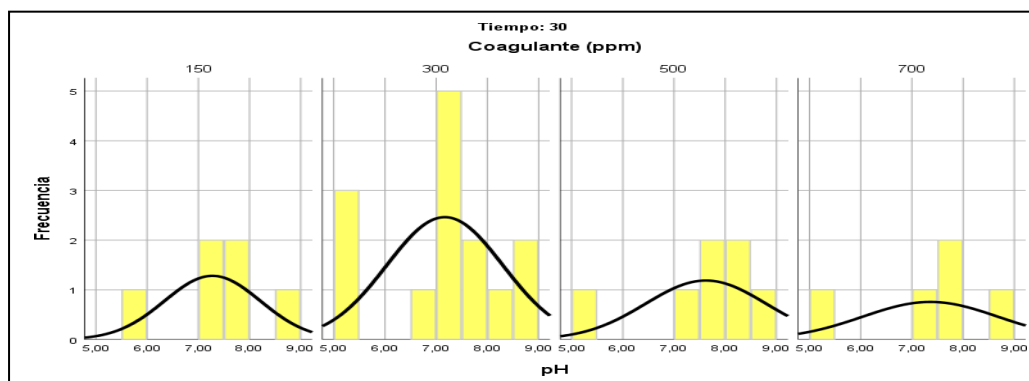
Histograma de Porcentajes de remoción de turbidez a 90 minutos aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera.



En el gráfico 16 se muestra que, a los 30 minutos luego de haber aplicado una concentración de 150 ppm de coagulante torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, los valores de pH obtenidos se mostraron con más cercanía a la distribución normal. Por su parte, la distribución de pH que tuvo más asimetría es la que se obtuvo mediante la concentración de coagulante de 300 ppm.

Gráfico 16

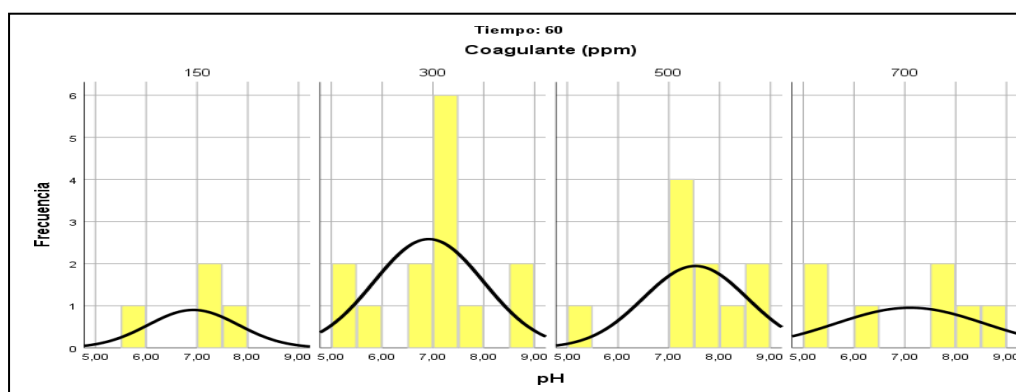
Histograma del pH de las aguas del río Mala a 30 minutos aplicado la torta proteica



Según el gráfico 17 se observa que, luego de 60 minutos de haber aplicada una concentración de 150 ppm de coagulante torta proteica, se obtuvieron valores de pH que tuvieron cercanía a la distribución normal. Por otro lado, los valores de pH obtenidos empleando una concentración de 500 ppm. presentaron una distribución más alejada de la normal.

Gráfico 17

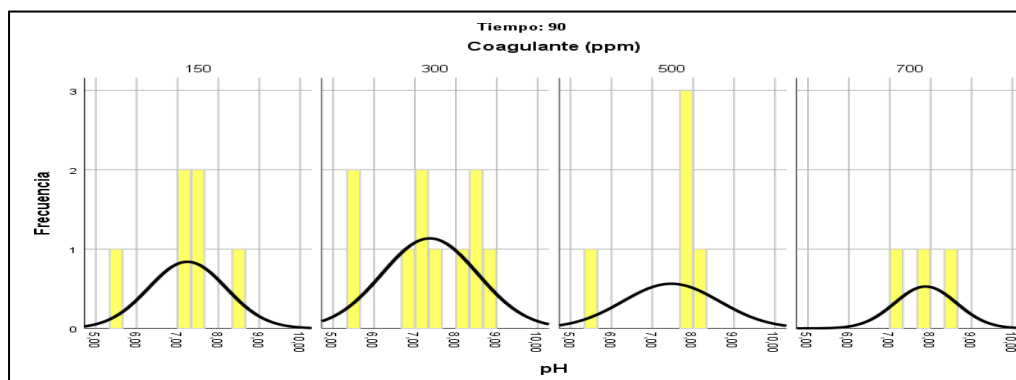
Histograma del pH de las aguas del río Mala a 60 minutos aplicado el coagulante bagazo de la semilla de Moringa oleífera.



Por su parte, en el gráfico 18 se aprecia que, luego de 90 minutos de haber empleado una concentración de 700 ppm, se obtuvo una distribución de pH cuyos valores se distribuyeron de forma más cercana a la normal. Por otro lado, la distribución de valores de pH aplicando una concentración de 500 se aleja más de la curva de distribución normal.

Gráfico 18

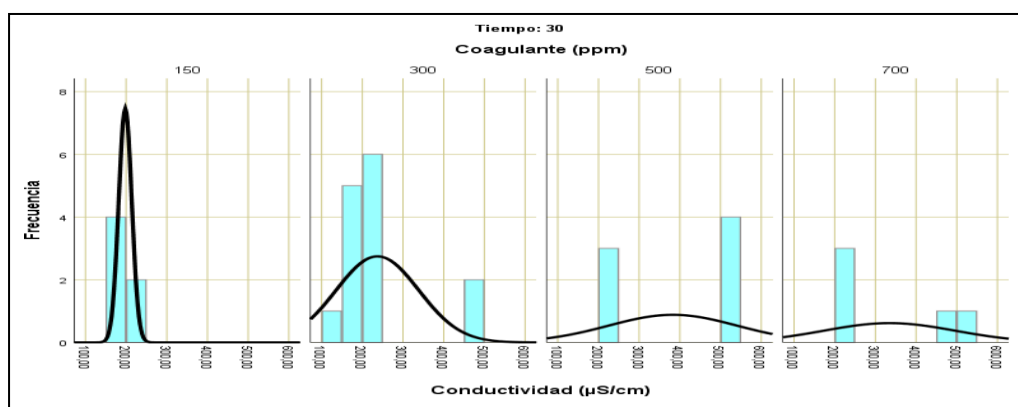
Histograma del pH a los 90 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural.



En el gráfico 19 se evidencia que, a los 30 minutos luego de haber aplicado una concentración de 150 ppm de coagulante, los valores de conductividad se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por el contrario, utilizando una concentración de 300 ppm del coagulante se obtuvo valores de conductividad más alejados de la distribución normal.

Gráfico 19

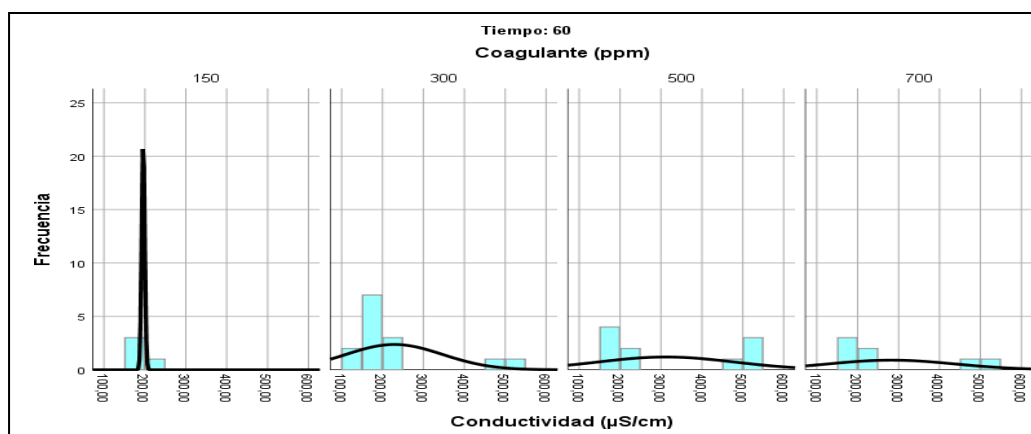
Histograma de conductividad de las aguas del río Mala a 30 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural



De acuerdo en el gráfico 20, se observa que a los 60 minutos de haber aplicado 150 ppm de coagulante torta proteica, los valores de conductividad se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por el contrario, se muestra que los valores de conductividad que tuvieron mayor asimetría fueron aquellos que se produjeron mediante la utilización de 300 ppm de coagulante.

Gráfico 20

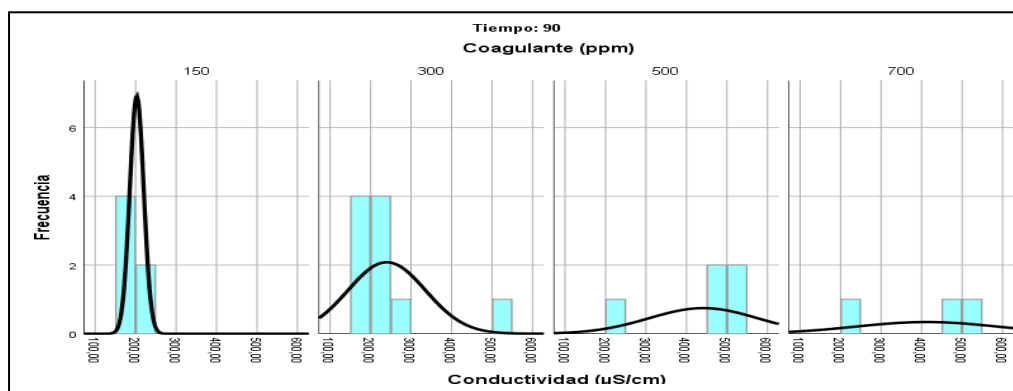
Histograma de Conductividad de las aguas del río Mala a 60 minutos aplicado la torta proteica como coagulante.



Según el gráfico 21 se evidencia que, a los 90 minutos luego de haber aplicado una concentración de 150 ppm de coagulante bagazo de *Moringa oleífera*, los valores de conductividad se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por su parte, utilizando 300 ppm de concentración del coagulante se obtuvo una distribución de conductividad más asimétrica.

Gráfico 21

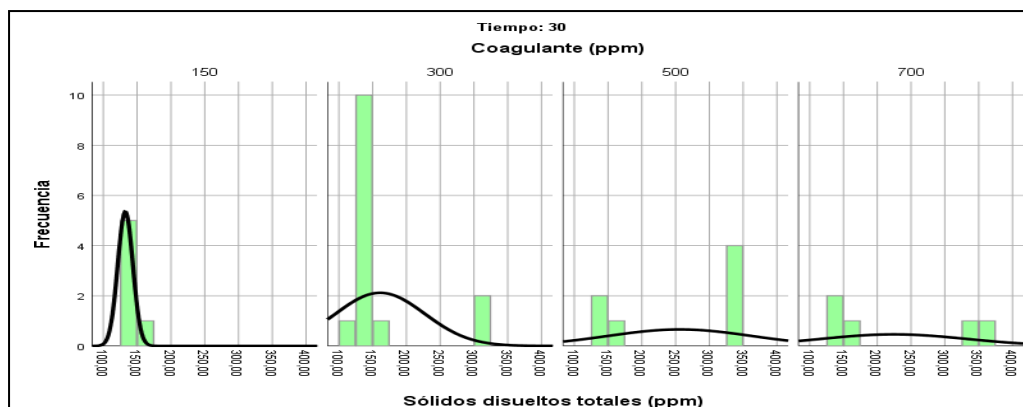
Histograma de Conductividad de las aguas del río Mala a 90 minutos de aplicado el coagulante torta proteica.



En el gráfico 22 se evidencia que, a los 30 minutos luego de haber aplicado 150 ppm de coagulante bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, los valores de sólidos disueltos totales se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por el contrario, utilizando una concentración de 300 ppm del coagulante se obtuvo valores de sólidos disueltos totales alejados de la distribución normal.

Gráfico 22

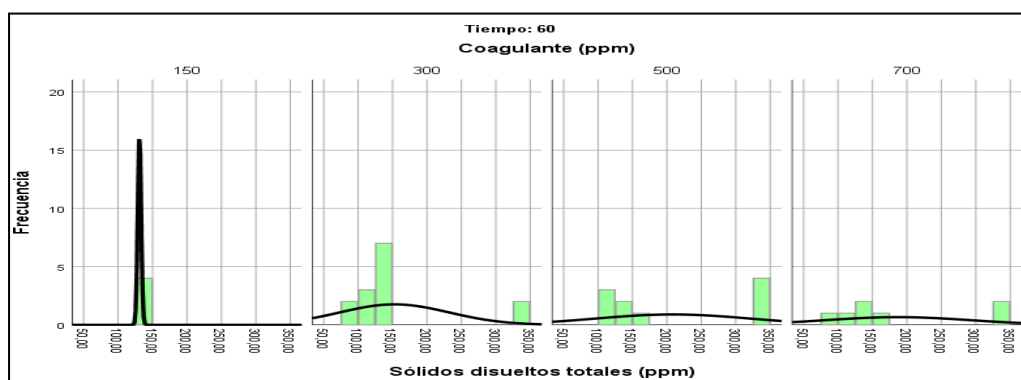
Histograma de Sólidos disueltos totales de las aguas del río Mala a 30 minutos de aplicado el coagulante bagazo de semilla de Moringa oleífera.



En el gráfico 23 se observa que, a los 60 minutos luego de haber aplicado 150 ppm de torta proteica, los valores de sólidos disueltos totales se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por el contrario, se muestra que los valores de sólidos disueltos totales que tuvieron mayor asimetría fueron aquellos que se produjeron mediante la utilización de 300 ppm de coagulante.

Gráfico 23

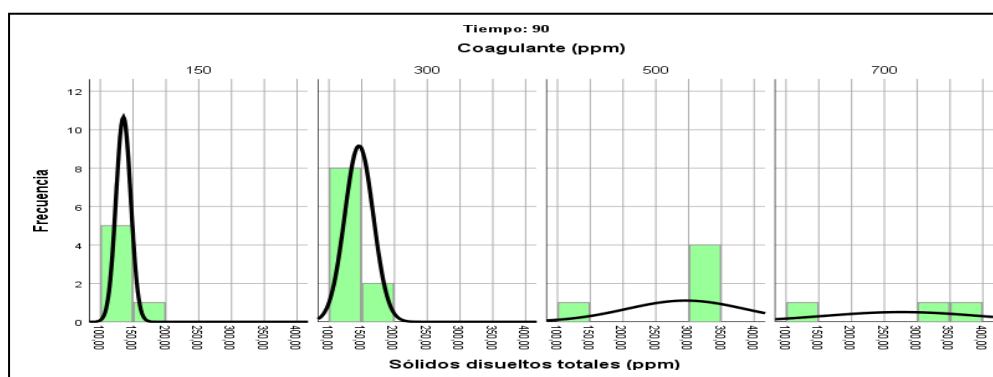
Histograma de Sólidos disueltos totales a 60 minuto aplicado la torta proteica como coagulante.



Según el gráfico 24 se evidencia que, a los 90 minutos de haber aplicado 150 ppm de coagulante natural bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, los valores de sólidos disueltos totales se distribuyeron con más cercanía a la distribución normal. Por otra parte, utilizando 500 ppm de concentración del coagulante se obtuvo una distribución de sólidos disueltos totales más asimétrica.

Gráfico 24

Histograma de Sólidos disueltos totales a 90 minutos de aplicado la torta proteica como coagulante natural



5.4. Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.

5.4.1. Comportamiento de la turbidez de las aguas del río Mala, evaluado con los parámetros Físicoquímicos:

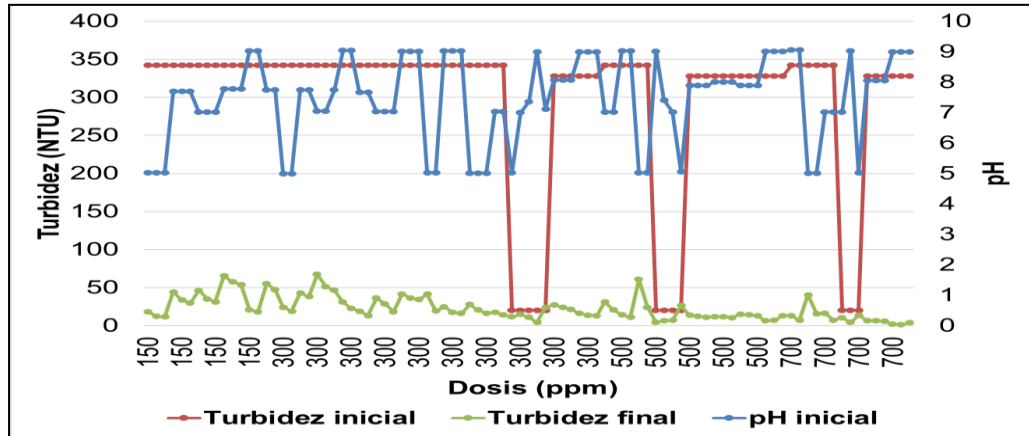
Analizando los parámetros fisicoquímicos: concentración de la solución de torta proteica de semilla de moringa, pH, conductividad y solidos totales; se puede apuntar los siguientes comportamientos.

De acuerdo a los gráficos 25, 26 y 27 se muestra que utilizando el coagulante de 700 ppm los valores de turbidez final de las aguas tratadas del río Mala presentaron menor cantidad (media=10,29 NTU) en comparación con los valores de turbidez final de los coagulantes de 150 ppm (media=36,36 NTU), 300 ppm (media=25,56 NTU) y 500 ppm (media=15,79 NTU). Estos resultados fueron obtenidos habiendo valores menores de turbidez inicial del coagulante de 700 ppm (media=272,06 NTU) en comparación con los valores de turbidez inicial de los coagulantes de 150 ppm (media=342,00 NTU), 300 ppm (media=297,46) y 500 ppm (media=275,87 NTU).

A su vez, de acuerdo al gráfico 25 se aprecia que los resultados de turbidez final fueron bajo presencia de aguas con pH promedio inicial ligeramente alcalinos (coagulante de 150 ppm=7,25; 300 ppm=7,42; 500 ppm=7,68; y 700 ppm=7,63).

Gráfico 25

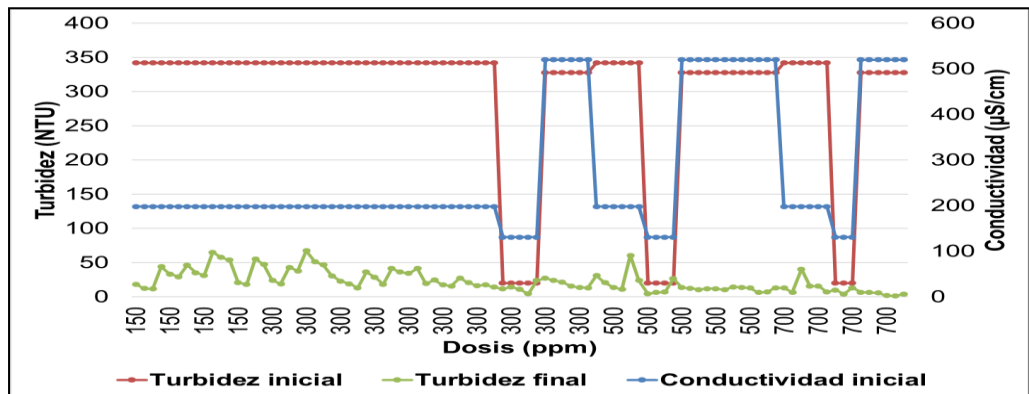
Comportamiento de la turbidez de las aguas del río Mala en función con el parametro pH



En el gráfico 26, se observa que la conductividad inicial tuvo valores menores en el agua tratada con el coagulante de 150 ppm (media=198,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en comparación con los valores de conductividad del agua tratada con el coagulante de 300 ppm (media=240,03 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de 500 ppm (media=361,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y de 700 ppm (media=313,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Gráfico 26

Comportamiento de la turbidez de las aguas del río Mala evaluado con el parámetro Conductividad

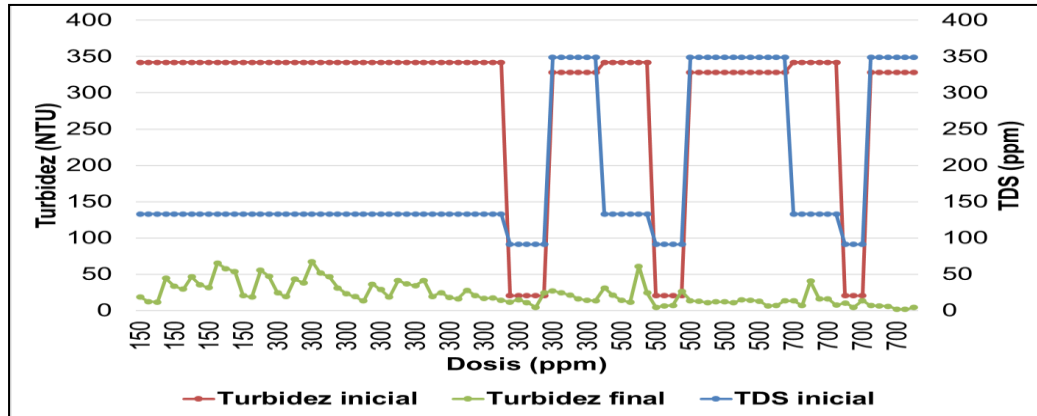


Asimismo, en el gráfico 27, se aprecia que el TDS inicial tuvo también valores menores en el agua tratada con el coagulante de 150 ppm (media=133,00 ppm) en comparación con los valores iniciales de TDS del agua tratada con el

coagulante de 300 ppm (media=161,58 ppm), de 500 ppm (media=243,18 ppm), y de 700 ppm (media=211,00 ppm).

Gráfico 27

Comportamiento de la Turbidez de las aguas del río Mala en función del parámetro TDS



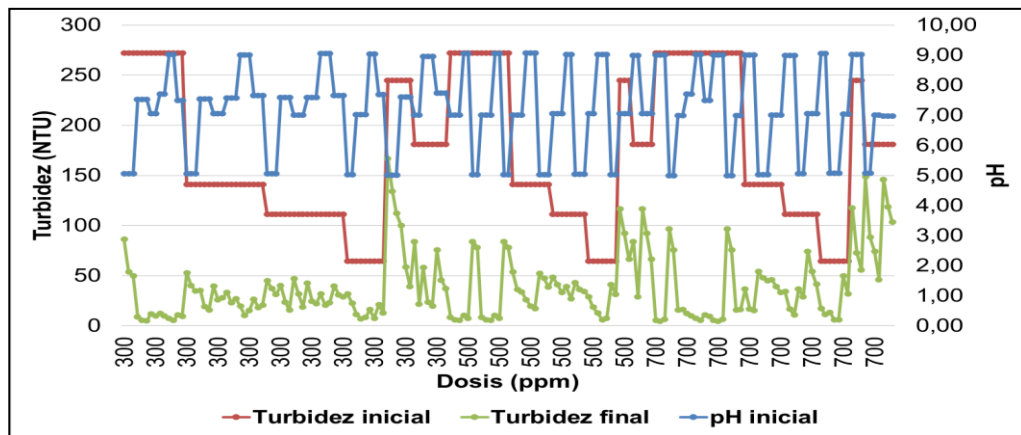
5.4.2. Comportamiento de la turbidez de las aguas sintética evaluando con los Parámetros físico químico: pH, conductividad y solidos totales

En los gráficos 28, 29 y 39, se observa que empleando el coagulante de 300 ppm los valores de turbidez final de las aguas sintéticas de caolín fueron menores (media=33,45 NTU) en comparación con los valores de turbidez final de los coagulantes de 500 ppm (media=39,94 NTU) y 700 ppm (media=41,42 NTU). Estos resultados ocurrieron en condiciones de que los valores de turbidez inicial del agua tratada fueron menores con el coagulante de 500 ppm (media=203,72 NTU) en comparación con los valores de turbidez inicial de los coagulantes 700 ppm (media=204,20) y 500 ppm (media=206,12 NTU).

Obsérvese que, en el gráfico 28 se evidencia que los resultados de turbidez final ocurrieron teniendo pH promedios iniciales ligeramente alcalinos (300 ppm=7,26; 500 ppm=7,12; y 700 ppm=7,25).

Gráfico 28

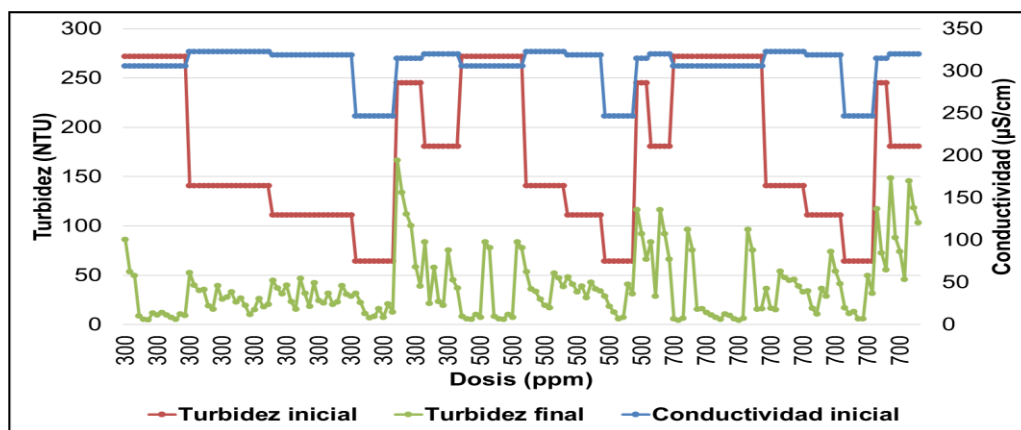
Variación de la turbidez en el agua sintética de caolín en función del pH



En el gráfico 29, se evidencia que la conductividad inicial tuvo valores menores en el agua tratada con el coagulante de 500 ppm (media=304,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en comparación con los valores de conductividad del agua tratada con el coagulante de 300 ppm (media=308,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y de 700 ppm (media=305,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Gráfico 29

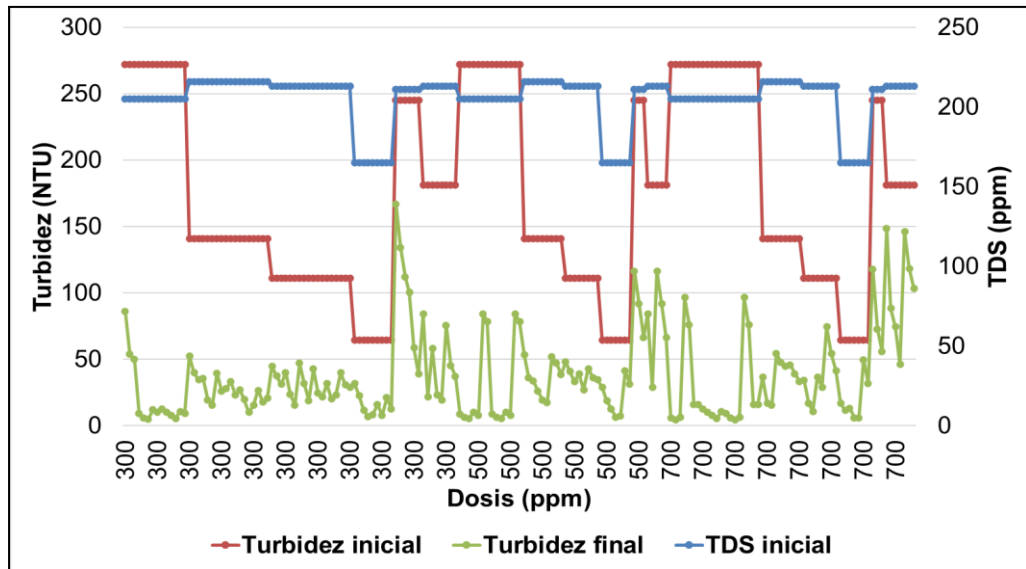
Comportamiento de la Turbidez en agua sintética de caolín en función del parámetro Conductividad



Por su parte, en el gráfico 30, se muestra que los valores de TDS inicial fueron menores en el agua del coagulante de 500 ppm (media=203,72) en comparación con los valores de TDS del agua de coagulante de 700 ppm (media=204,20 ppm), y de 300 ppm (media=206,12 ppm).

Gráfico 30

Comportamiento de la turbidez en agua sintética de caolín en función del parámetro TDS

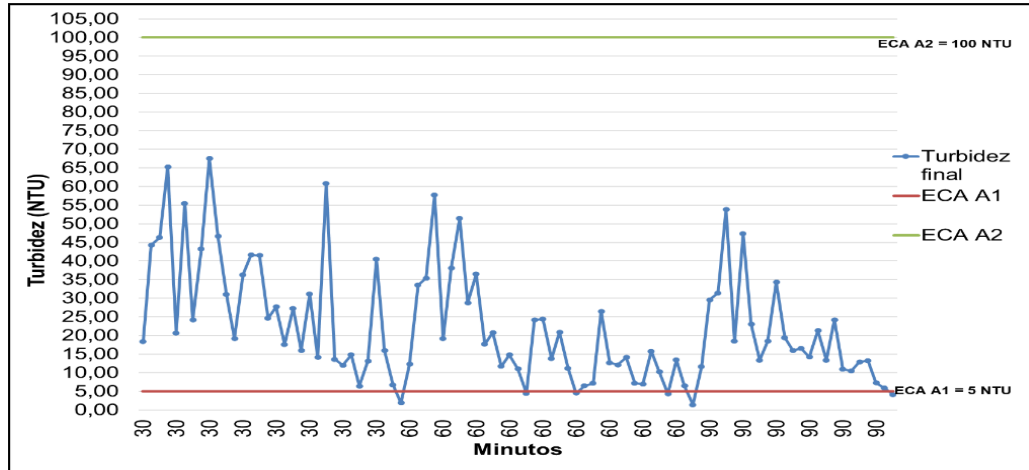


5.4.3. Calidad del agua del río Mala, después de aplicar el coagulante bagazo de semilla de *Moringa oleífera* con relación a los Estándares de Calidad

Con el propósito de evaluar si las aguas tratadas con la torta proteica como coagulante natural, que poseen calidad ambiental, se evaluó los parámetros finales de turbidez, pH, conductividad y TDS con los ECAs A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) y A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) establecidos en el DS 004-2017-MINAM. Es así que, evaluando las aguas tratadas del río Mala, en el gráfico 31 se muestra que la gran mayoría de los valores de turbidez no cumplen con el ECA A1 (5 NTU), pero todos los valores sí cumplen con el ECA A2 (100 NTU).

Gráfico 31

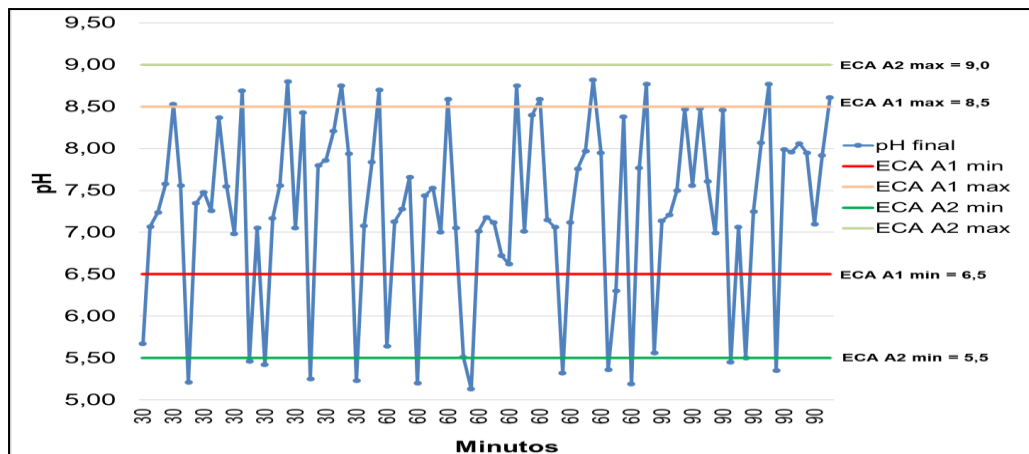
Calidad del agua del río Mala según el parámetro Turbidez después de aplicar la solución de bagazo de la semilla de Moringa oleífera como coagulante.



En el gráfico 32 se aprecia que la mayoría de los valores de pH final cumplen con el ECA A1 (6,5 a 8,5) y también el ECA A2 (5,5 a 9,0).

Gráfico 32

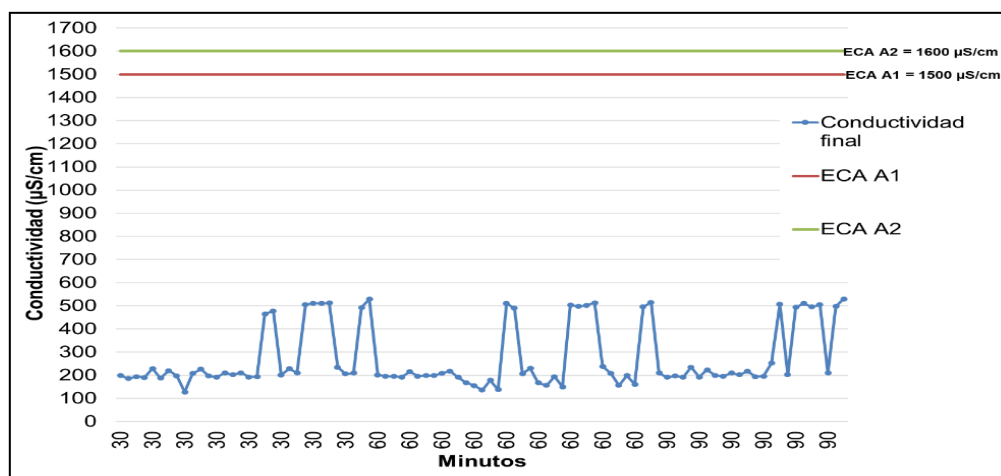
Calidad del agua del río Mala según el parámetro, pH después de aplicar el coagulante de bagazo se semilla de moringa.



En el gráfico 33 se muestra que todos los valores sobre conductividad final cumplen con el ECA A1 (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y con el ECA A2 (1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Gráfico 33

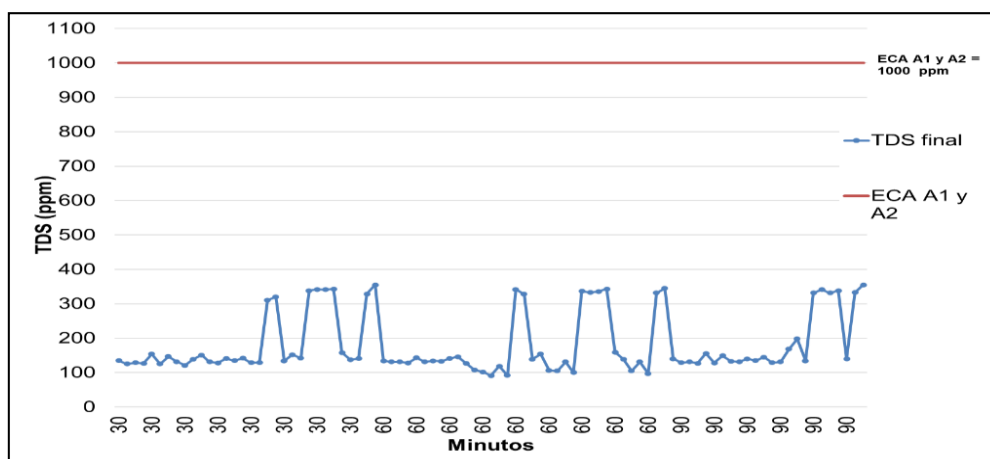
Calidad del agua del río Mala según el parámetro Conductividad después de aplicar el coagulante torta proteica



En el gráfico 34, se evidencia que también todos los valores sobre TDS cumplen con el ECA A1 y A2 (1000 ppm).

Gráfico 34

Calidad del agua del río Mala según el parámetro de TDS después de aplicar la solución de bagazo de semilla de moringa como coagulante natural



De acuerdo al análisis sobre si los parámetros que determinan la calidad del agua con la torta proteica de la semilla de la moringa después del tratamiento cumplen los ECAs establecidos en el DS 004-2017-MINAM, se desprende que, en primer lugar, acerca del parámetro Turbidez, se cumple en todos los casos con el ECA A2, pero la mayoría no cumple con el ECA A1. Con respecto al pH obtenido, en la mayoría de los casos si cumple con el ECA A1 y A2. En

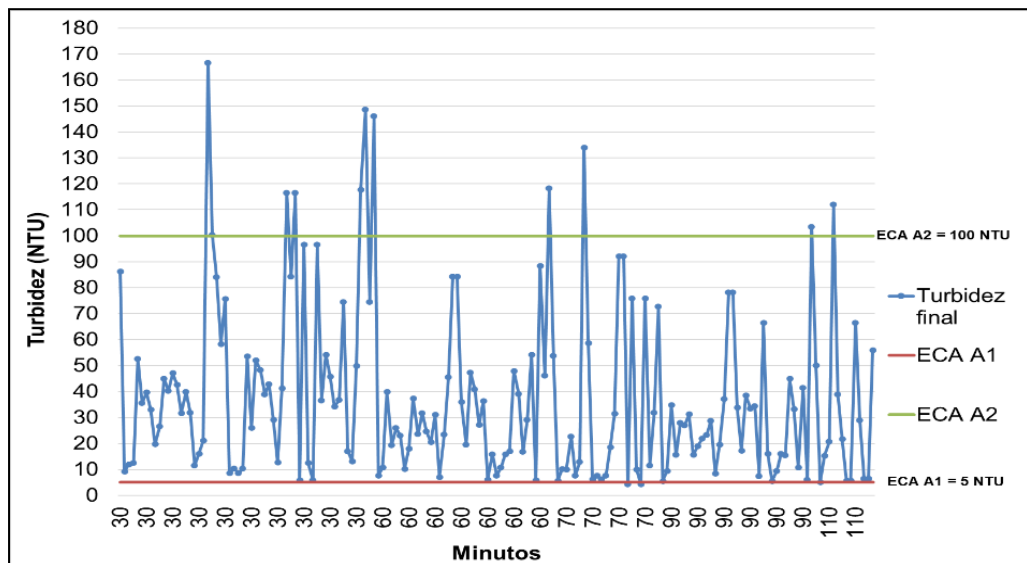
relación a la conductividad, si cumple en todos los casos en el A1 y el A2. Finalmente, con respecto al TDS se observa que en todos los casos analizados también cumple con el ECA A1 y el A2.

5.4.4. Calidad del agua sintética, después de aplicar la coagulante torta proteica en relación a los Estándares de Calidad (ECAs)

Por su parte, analizando el agua sintética de Caolín, en el gráfico 35 se evidencia que casi todos los valores de turbidez de las aguas sintéticas tratadas no cumplen con el ECA A1 (5 NTU), pero si la mayoría de ellos cumplen con el ECA A2 (100 NTU).

Gráfico 35

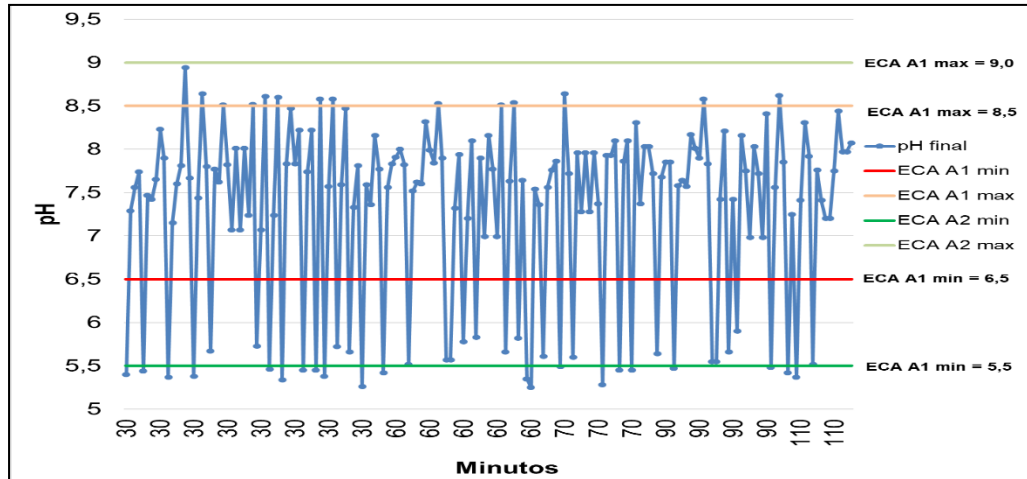
Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar la torta proteica como coagulante natural.



Del gráfico 36 se observa que cumplen con el ECA A1 (6,5 a 8,5) la mayoría de los valores de pH final y con el ECA A2 (5,5 a 9,0) cumplen casi todos los valores.

Gráfico 36

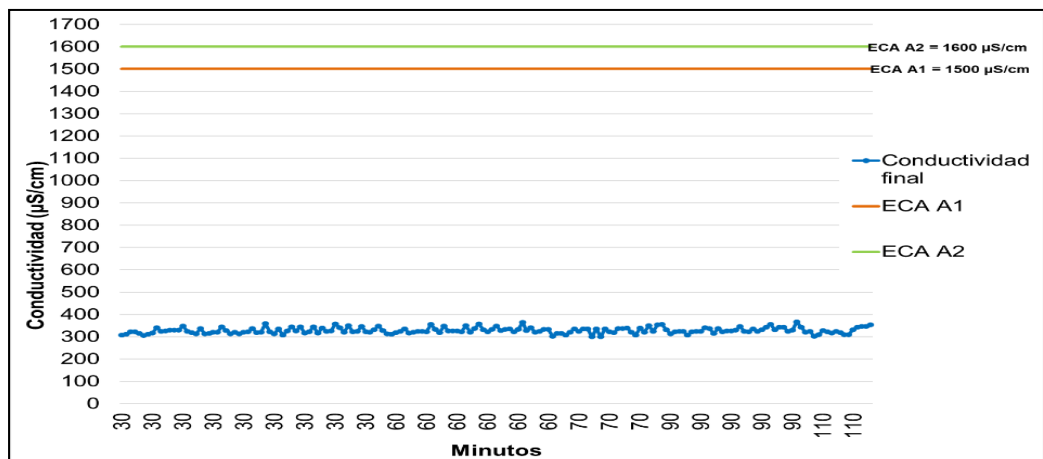
Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de pH después de aplicar el coagulante natural torta proteica



De acuerdo al gráfico 37 se evidencia que si cumplen el parámetro de conductividad con el ECA A1 (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y con el ECA A2 (1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) todos los valores registrados sobre conductividad final.

Gráfico 37

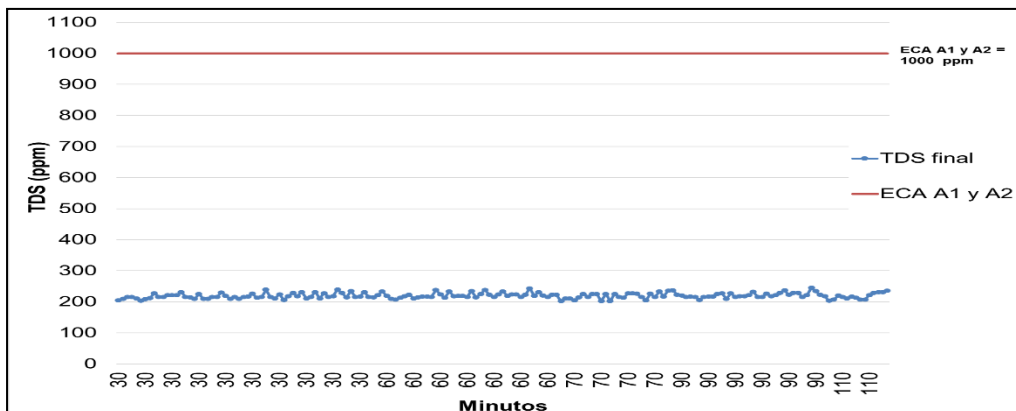
Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Conductividad después de aplicar el coagulante natural torta proteica.



En el gráfico 38, se observa que cumplen con el ECA A1 y A2 (1000 ppm) todos los valores de solidos totales TDS

Gráfico 38

Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro TDS después de aplicar la torta Proteica como coagulante natural.



5.4.5. Evaluación comparativa del coagulante orgánico torta proteica con coagulantes inorgánicos

En la tabla 16 se muestra que, utilizando una turbidez inicial de 62 UNT, solo el promedio de los porcentajes de remoción de turbidez del coagulante $Al_2(SO_4)_3$ posee mayor eficiencia que el promedio de los porcentajes de remoción del coagulante $FeCl_3$ ($p < 0,05$). Mientras que la torta proteica de *Moringa oleífera* es igualmente eficiente que todos los coagulantes para la remoción de turbidez.

Tabla 16

Evaluación de la Eficiencia del coagulante torta proteica, para la remoción de la turbidez del agua sintética de caolín con turbidez inicial de 62 NTU

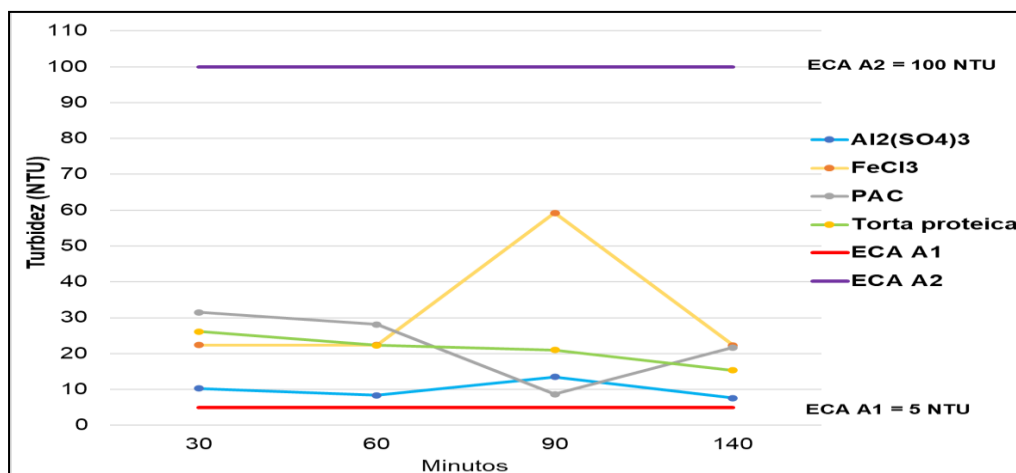
Coagulante	Porcentaje de remoción de turbidez (%)		H	p
	Media	DE		
Torta proteica	65,82	7,18	8,103	0,044
$Al_2(SO_4)_3$	84,00 _a	4,24		
$FeCl_3$	49,07 _b	29,70		
PAC	63,73	16,25		

Nota. H de Kruskal-Wallis y DE: Desviación estándar. a y b: Indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

De acuerdo al gráfico 39, utilizando una turbidez inicial de 62 NTU, se muestra que cada uno de los valores de turbidez final de cada coagulante empleado no cumplen con el Estándares de Calidad Ambiental A1. Pero sí cumplen con el ECA A2.

Gráfico 39

Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 62 NTU.



De acuerdo a la tabla 17, teniendo una turbidez inicial de 183,3 NTU, se observa que solo el promedio de los porcentajes de remoción de turbidez del coagulante FeCl₃ es más eficiente que el promedio de los porcentajes de remoción de la torta proteica de *Moringa oleífera* ($p < 0,05$).

Tabla 17

Eficiencia del coagulante natural torta proteica para la remoción de la Turbidez del agua sintética de caolín con turbidez inicial de 183,3 NTU

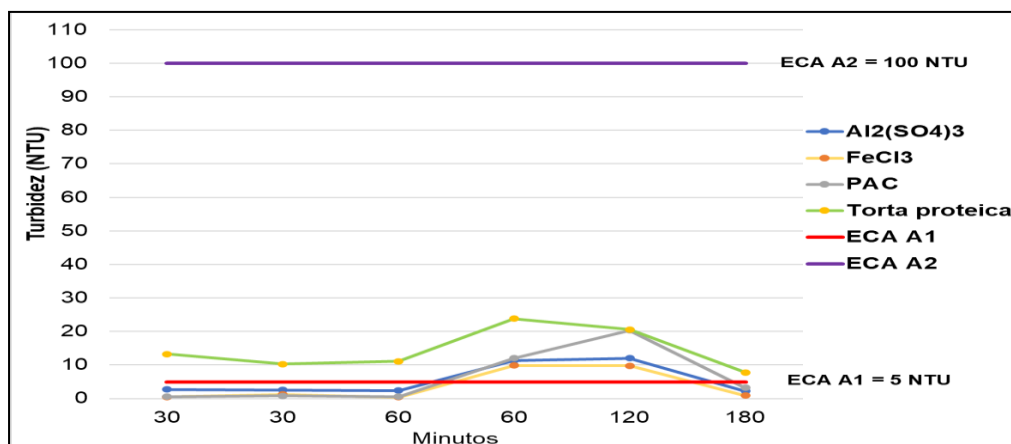
Coagulante	Porcentaje de remoción de turbidez (%)		H	p
	Media	DE		
Torta proteica	92,10 _a	3,45	8,375	0,039
Al ₂ (SO ₄) ₃	96,98	2,59		
FeCl ₃	97,94 _b	2,56		
PAC	96,60	4,46		

Nota. H de Kruskal-Wallis y DE: Desviación estándar. a y b: Indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

Por su parte, de acuerdo al gráfico 40, empleando una turbidez inicial de 183,3 NTU, se aprecia que casi todos los valores de turbidez final de los coagulantes FeCl₃, Al₂(SO₄)₃, PAC cumplen con el ECA A1, Mientras que todos los valores de los coagulantes cumplen con el ECA A2.

Gráfico 40

Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 183,3 NTU.



En la tabla 18, teniendo una turbidez inicial de 272 NTU, se evidencia que no existen diferencias significativas entre los promedios de cada coagulante. De manera que son igualmente eficientes para la remoción de turbidez ($p > 0,05$).

Tabla 18

Eficiencia de la torta proteica como coagulante natural para la remoción de la Turbidez del agua sintética de caolín con Turbidez inicial de 272 NTU

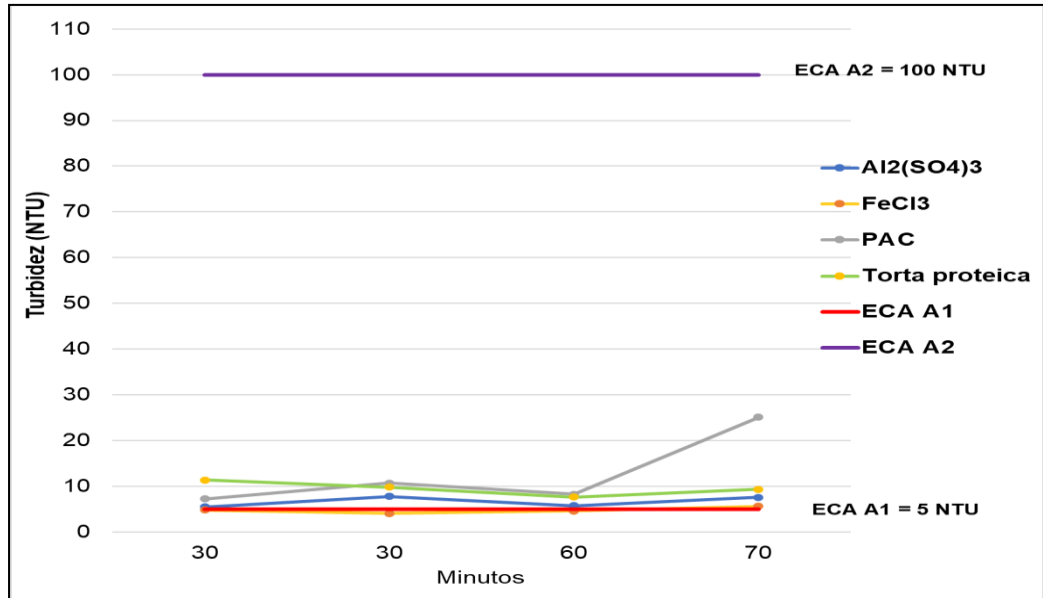
Coagulante	Porcentaje de remoción de turbidez (%)		F	p
	Media	DE		
Torta proteica	96,50	0,56	2,689	0,093
Al ₂ (SO ₄) ₃	97,55	0,44		
FeCl ₃	98,25	0,24		
PAC	95,29	3,06		

Nota. F de ANOVA y DE: Desviación estándar. a y b: Indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Dunn-Bonferroni.

En el gráfico 41, utilizando una turbidez inicial de 272 NTU, se aprecia que casi todos los valores de los coagulantes no cumplen con el ECA A1, pero sí cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental A2.

Gráfico 41

Calidad del agua sintética de caolín según el parámetro de Turbidez después de aplicar los coagulantes con Turbidez inicial de 272 NTU.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Para conocer si los factores influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala con la torta de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural son Concentración, pH, y tiempo, en la tabla 12 se aprecia que, en los minutos 30 y 90, el porcentaje promedio de remoción de turbidez del coagulante de 700 ppm fue superior en eficiencia al coagulante de 150 ppm para mejorar la calidad de las aguas del río Mala ($p < 0,05$).

En la tabla 13, se muestra que, en los minutos 30 y 90, el promedio de los valores sobre conductividad y TDS del coagulante de 150 ppm fue significativamente inferior en cantidad al coagulante de 500 ppm para mejorar la calidad de las aguas del río Mala ($p < 0,05$).

En la tabla 14, se evidencia que, en los minutos 30, 60, 70, 90, y 100, los promedios de los porcentajes de remoción de turbidez de todas las concentraciones de coagulantes fueron igualmente significativos para mejorar la calidad de las aguas sintéticas de caolín ($p > 0,05$).

De acuerdo a la tabla 15, también sobre la calidad de aguas sintéticas de caolín, se muestra que, en el minuto 110, solo el promedio de los valores sobre conductividad del coagulante de 300 ppm fue significativamente inferior al promedio del coagulante de 700 ppm ($p < 0,05$). Por otro lado, en el minuto 90 y 110, el promedio de los valores sobre TDS del coagulante de 300 ppm fue significativamente menor al promedio del coagulante de 700 ppm ($p < 0,05$).

6.1.1 Prueba ANOVA

El análisis de la varianza, conocido como ANOVA, es una prueba estadística que permite determinar si las medias de dos o más

muestras son significativamente iguales. Los ANOVA calculan el grado de diferencia significativa de uno o más factores al contrastar las medias de la variable cuantitativa en los distintos niveles de los factores.

Para la presente tesis se utilizó el ANOVA para determinar si al menos uno de los parámetros utilizados (factor con distintos niveles) no es significativamente igual para la remoción de la turbidez del agua del río Mala (variable cuantitativa).

- **Hipótesis estadísticas**

H0: Cada uno de los parámetros utilizados sí son significativamente iguales en cuanto a su influencia para la remoción de la turbidez del agua del río Mala con la torta proteica de la semilla de la *Moringa oleífera*.

H1: Al menos uno de los parámetros utilizados no es significativamente igual en cuanto a su influencia para la remoción de la turbidez del río Mala con la torta proteica de la *Moringa oleífera*.

- **Región de aceptación de la prueba**

Si la significancia asintótica (Sig.), también conocida como p-valor, es inferior al nivel de significación 5%, $\alpha = 0,05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), de lo contrario, si es superior no se rechaza la hipótesis nula.

Si p-valor < α : se rechaza la H0

Si p-valor > α : no se rechaza la H0

- **Resultado**

Prueba ANOVA para la remoción de turbidez del agua de Azpitia y agua sintética con la Torta Proteica de la semilla de *Moringa oleífera* en función a los factores de concentración, pH y tiempo utilizados.

Tabla 19*Prueba Paramétrica ANOVA*

TIPO_AGUA			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
AZPITIA	COAGULANTE	Entre grupos	2830036,630	83	34096,827	1,627	,258
		Dentro de grupos	146666,667	7	20952,381		
		Total	2976703,297	90			
	pH_FINAL	Entre grupos	100,086	83	1,206	1,590	,269
		Dentro de grupos	5,309	7	,758		
		Total	105,395	90			
	TIEMPO	Entre grupos	42860,440	83	516,391	,709	,788
		Dentro de grupos	5100,000	7	728,571		
		Total	47960,440	90			
CAOLIN	COAGULANTE	Entre grupos	4303198,459	139	30958,262	1,473	,097
		Dentro de grupos	693333,333	33	21010,101		
		Total	4996531,792	172			
	pH_FINAL	Entre grupos	174,494	139	1,255	3,228	,000
		Dentro de grupos	12,835	33	,389		
		Total	187,329	172			
	TIEMPO	Entre grupos	106338,343	139	765,024	3,351	,000
		Dentro de grupos	7533,333	33	228,283		
		Total	113871,676	172			

- Decisión

La significancia asintótica dio como resultado 0,000, para el agua es decir menos de 0,05. De manera que se rechaza la hipótesis nula, se demuestra que al menos uno de los parámetros utilizados no es significativamente igual. Por lo tanto, se debe utilizar la Pruebas no Paramétricas de Kruskal-Wallis para determinar qué factores utilizado resulta más influyente en la eficiencia del coagulante Torta Proteica para la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala en Azpitia y agua sintética de Caolín

6.1.2 Pruebas No Paramétricas Kruskal-Wallis

a. TIPO AGUA RIO MALA AZPITIA

Tabla 20

Resumen de Prueba de Hipótesis para la Remoción de Turbidez en las Aguas del Río Mala

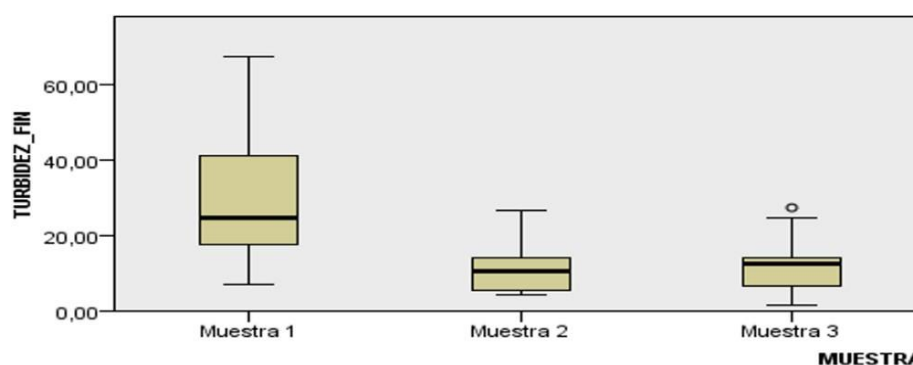
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de TURBIDEZ_FIN es la misma entre las categorías de MUESTRA.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05

Se rechaza la hipótesis nula H_0 debido a que la significancia es 000 al momento de aplicar la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis para muestras independientes por lo tanto se acepta la hipótesis alterna

Tabla 21

Prueba de Kruskal-Wallis para las Aguas del Río Mala



Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

	MUESTRA
N total	91
Estadístico de contraste	37,540
Grados de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Los estadísticos de prueba se ajustan para empates.

De un total de 91 pruebas dividido en tres muestras, se observa que la estadística de contraste, donde la significancia es 000 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que se

demuestra la eficiencia de la torta Proteica de la semilla de la *Moringa oleífera* en la remoción de la turbiedad del agua del rio Mala en Azpitia

b. TIPO_AGUA SINTÉTICA CAOLIN

Tabla 22

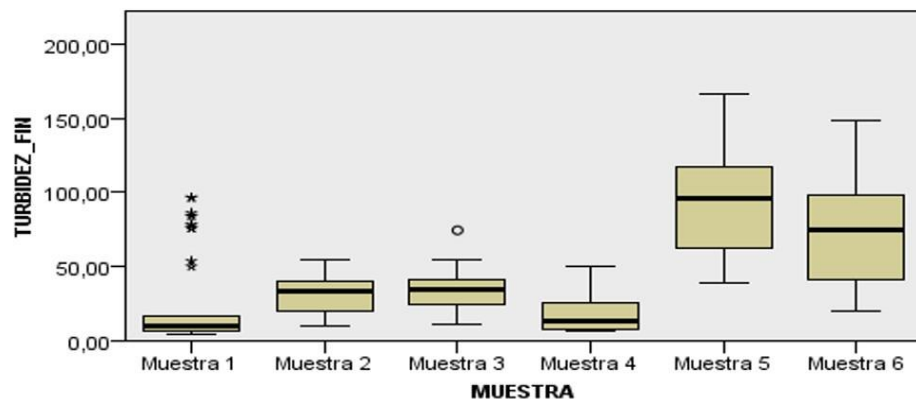
Resumen de prueba de hipótesis para la remoción de turbidez en aguas sintéticas de caolín

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de TURBIDEZ_FIN es la misma entre las categorías de MUESTRA.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05

Tabla 23

Prueba de Kruskal-Wallis para las Aguas Sintéticas de Caolín



Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

N total	173
Estadístico de contraste	71,759
Grados de libertad	5
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Los estadísticos de prueba se ajustan para empates.

De un total de 173 pruebas dividido en seis muestras, se observa que la estadística de contraste, donde la significancia es 000 por lo

tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que se demuestra la eficiencia de la torta Proteica en la remoción de la turbiedad de aguas sintética.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Analizando la eficiencia del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera*, otros autores como Fuentes (2016), registró un valor de 88.26% y Oliveira, et al (2018), para diferentes valores de turbidez obtuvo eficiencias entre 80,1% y 94,3%. En cambio, en los antecedentes nacionales, los trabajos de Pérez (2019) mostró una eficiencia de remoción de turbiedad de 99,20%. Otros investigadores como Mejía 2016 obtuvo una remoción del 87,3%. Vela (2016), consiguió una remoción de turbidez máxima de 93,10%. Campos (2020) reporto que el mejor porcentaje de eficiencia que obtuvo fue 88,74% y Álvarez (2017) obtuvo una eficiencia de remoción de turbidez del 97,06%. En el presente trabajo obtuve rendimientos que, de acuerdo a la concentración de bagazo de semilla de *Moringa oleífera* empleado, varía entre 90,63 y 98,27% para las aguas del rio Mala y entre 82,94 y 90,84% para el agua sintética de caolín.

Respecto a la comparación de eficiencias, a las mismas condiciones, entre los coagulantes inorgánicos tradicionales y el bagazo de semillas de *Moringa oleífera*, Meza (2018) concluye contundentemente la mayor eficiencia del sulfato de aluminio (96%) respecto al bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* (64%). Mera (2016) en cambio obtuvo experimentalmente también una eficiencia de remoción de turbidez para el sulfato de aluminio de 80,9% y para una mezcla de polvo de semilla de moringa y sulfato de aluminio una eficiencia de 73,5%. Olivero, et al (2017) evaluando comparativamente la eficiencia de remoción de turbidez determino que para una mezcla de *Moringa oleífera* y *Opuntia ficus* era mayor al 90% en cambio una mezcla del alumbre con coagulantes naturales puede remover al menos un 99%. En la presente investigación se realizó un análisis comparativo obteniéndose experimentalmente una eficiencia de 84,00% para el alumbre (sulfato de aluminio) y de 65,82%

para la *Moringa oleífera*. Pero en las tablas 16, 17 y 18, se puede ver que también se utilizó con fines comparativos el FeCl_3 y el PAC (poli cloruro de aluminio) sustancias utilizadas fundamentalmente para remoción del color y turbidez y la *Moringa oleífera* puede competir con ellos.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente tesis se ha desarrollado respetando los derechos del autor y cumpliendo con el código de ética de acuerdo al reglamento vigente de la Universidad Nacional del Callao con Resolución N°210-2017-CU.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se observó la eficiencia muy significativa del bagazo de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del río Mala a diferentes condiciones de operación: concentraciones de coagulante, pH y tiempos de acuerdo a los resultados experimentales, siendo las dosis óptimas como se muestra

- Remoción de turbidez de 342 a 6.94 NTU, con 700 ppm de coagulante a pH 9.05 en 60 minutos de sedimentación;
- Turbidez de 328 a 6.9NTU con 500 ppm de coagulante a pH 9.01 en 60 minutos y
- Turbidez de 20.3 a 4.48 NTU minutos con 300 ppm de coagulante a pH 9 en 60 minutos de sedimentación de acuerdo a nuestros resultados experimentales en la tabla 9, 10 y 11 y confirmándose también en los resultados de los análisis estadísticos en la tabla 12, 13 y 14. Así como también se certifica los resultados de la remoción de turbidez de las aguas de Azpitia, en el Laboratorio acreditado SGS por organismos de acreditación de INACAL dando un resultado de 7.2 NTU de turbidez con la torta Proteica de la semilla de Moringa Oleífera como se muestra en el anexo 10. Además:
 - a. Se confirmó en el Laboratorio acreditado SGS, la composición del bagazo de la semilla de la *moringa oleífera* con más de 12 cationes, y en el laboratorio acreditado NSF la confirmación del contenido de proteínas constituyendo una torta proteica, comportándose así, como un buen coagulante y floculante natural. Estos aminoácidos, con polaridad permanente que explica su solubilidad en solución acuosa, forman flóculos en un medio ligeramente básico en mayor tiempo, característico en compuestos orgánicos.
 - b. Los factores que influyen en la remoción de la turbidez son: la concentración del coagulante, el pH, tiempo de coagulación, floculación y sedimentación como se observa en los gráficos del análisis estadístico.

En la figura 28, a los 30 minutos de haber aplicado una concentración de 300 ppm de torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera*, en aguas del río Mala, el pH tuvo un mínimo de 5,21 y un máximo de 8,53. Asimismo, la mediana fue de 7,31. Obteniéndose experimentalmente a 300, 500 y 700 ppm de coagulante en un rango de pH de 8 a 9 y en tiempos de 30, 60 y 90 minutos de sedimentación, la mayor eficiencia del coagulante; demostrándose así que los indicadores: pH, concentración y tiempo son factores determinantes de la eficiencia del coagulante torta proteica, tablas 13,14 y 15.

- c. De acuerdo al análisis sobre los parámetros que determinan la calidad del agua con el coagulante torta proteica de la semilla de *Moringa oleífera* después del tratamiento, cumplen los ECAs establecidos en el DS 004-2017-MINAM, se desprende que, en primer lugar, acerca del parámetro Turbidez, si cumple en todos los casos con el ECA A2, pero la mayoría no cumple con el ECA A1. Con respecto al pH obtenido, en la mayoría de los casos si cumple con el ECA A1 y A2. En relación a la conductividad, si cumple en todos los casos en el A1 y el A2. Finalmente, con respecto al TDS se observa que en todos los casos analizados también cumple con el ECA A1 y el A2. Como se pueden apreciar en las figuras 52, 53, 54, 55, 56,57, 58 y 59. Faltaría solo el añadido de cloro, aunque la moringa tiene también propiedades antimicrobianas en especial la destrucción de colonias de coliformes totales y fecales.
- d. De acuerdo al resultado del análisis comparativo de la remoción, a 62 NTU, la eficiencia del coagulante orgánico torta Proteica o bagazo, frente a los coagulantes inorgánicos, solo el promedio de los porcentajes de remoción de turbidez del coagulante $Al_2(SO_4)_3$ posee mayor eficiencia que el promedio de los porcentajes de remoción del coagulante $FeCl_3$ ($p < 0,05$). Mientras que la torta proteica de *Moringa oleífera* es igualmente eficiente que todos los coagulantes para la remoción de turbidez. Porcentualmente para los casos ordinarios el sulfato de aluminio es más

eficiente que el bagazo de semillas de *Moringa oleífera*, pero por su baja toxicidad, este coagulante orgánico es una alternativa para reemplazar progresivamente al sulfato de aluminio.

RECOMENDACIONES

De acuerdo al resultado de la investigación se demostró la eficiencia de la moringa como coagulante para la remoción de la turbidez, por lo cual se recomienda promover el cultivo de la *Moringa oleífera* a nivel regional como es en el caso de Paraguay que creó el proyecto “Chaco Rapére: COMER DEL MONTE”, por ser La *Moringa oleífera* un árbol multiuso con actividades y acciones ambientalmente sostenibles, con excelentes resultados. En el Perú, existe un proyecto que fue presentado el 28 de julio en el congreso como Proyecto de Ley N° 7956/2020-CR titulado: “Ley que declara de interés y necesidad pública promover el cultivo, producción, industrialización, comercialización y exportación de *Moringa oleífera* para consumo humano”. Si este proyecto de Ley se concreta, los Ministerios de Agricultura y de Economía y Finanzas tendrían las herramientas para impulsar un cultivo intenso, sobre todo en la costa y en zonas con carencia del recurso hídrico, pues estas plantas soportan mejor las sequías, y su beneficio sería muy valioso como alimento, medicina o coagulante en el tratamiento de aguas.

Se recomienda el empleo del bagazo de la semilla de Moringa como coagulante natural por presentar cerca de 10 aminoácidos con polaridad permanente que explica su solubilidad en solución acuosa formando moléculas catiónicas; pero no debe consumirse directamente el bagazo de la semilla de moringa, como alimento, porque también presenta en su composición sustancias que toda planta tiene como defensa natural y pueden ser tóxicas para el ser humano, como, las saponinas (que tienen la propiedad de hemolizar los glóbulos rojos y en soluciones acuosas forman abundante espuma al ser agitados), el cianuro de hidrógeno (que puede causar efectos en la respiración celular debido al radical cianuro CN^- dando lugar a convulsiones, pérdida del conocimiento y en caso de una exposición prolongada puede afectar a la tiroides), el ácido fítico (que inhibe la acción de las enzimas digestivas como la pepsina, pancreatina y α -amilasa) y los taninos (excelentes antioxidantes biológicos). Al proceso de eliminación de

estas sustancias tóxicas se le conoce como desamargado y se realiza empleando solventes como el etanol.

De acuerdo a las investigaciones de Olivera (2018), la semilla tiene agentes coagulantes que ayudan a eliminar la turbidez, el color y los coliformes presente en el agua, además de no alterar su pH, siendo una buena alternativa para la potabilización de las aguas ya que reduce notablemente la cantidad de coliformes fecales. Pero por ser Azpitia una localidad cuya principal actividad, es la agricultura se recomienda medir permanentemente el pH y otros parámetros que pueden ser alterados por el uso de fertilizantes, pesticidas, herbicidas y plaguicida que pueden alterar la calidad del agua y por ende inhibir la remoción optima de la turbidez

En las grandes ciudades con más de 100 000 habitantes por razones económicas se emplea sulfato de aluminio como coagulante, pero en zonas rurales con poca población, recomendaría el uso del bagazo de la semilla de moringa. Estas notables propiedades permitirían preparar pastillas o sobres potabilizadores de agua para uso personal en turismo de aventura cuya única fuente de agua a beber sea el agua de río.

Siendo el Perú rica en recursos agrícolas se recomienda en las universidades realizar estudios de investigación en los diferentes tipos de semillas de otras plantas sobre todo aquellos bagazos que quedan después de la extracción de aceites

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewumi, T.O.; Samson, A.O. 2018. Review article: *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. J. Saudi Soc. Agr. Sci. 17: 127-136.
- Agrawal, H; Shee, C; Sharma, A. 2007. Isolation of a 66 kDa protein with coagulation activity from seeds of *Moringa oleifera*. Research journal of agricultura and biological sciences. Roorkee-247 667, India.
- Alvarez Manga, J. A. (2017). Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante orgánico en la cuenca baja del río Chillón - Carabayllo 2017.
- ANA, Autoridad Nacional del Agua (2015). "Evaluación de Recursos Hídricos en las cuencas Mala, Omas y Chilca". Informe Final. Noviembre 2015.
- Ancajima Ojeda, Luis Antonio (2014) "Cuenca del Rio Mala" Administración técnica del Distrito de Riego Mala-Omas Cañete Sub-administración técnica del sub-distrito de Riego Mala Omas.
- Andía Cárdenas, Yolanda (2000). TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN. SEDAPAL Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Lima-Perú.
- Arenas Díaz M. (2019). "Efecto de la remoción del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas por coagulación- floculación" tesis UNALM. Lima – Perú.
- Autoridad Nacional del Agua (2014). Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos – DGCRH. Informe Técnico N° 036-2014-ANA-DGCRH-VIG. Pag 4.
- Baños Alberto, 2018 "La importancia de la turbidez en la técnica instrumental Producto Manager de Fotometría-Turbidez de HANNA INSTRUMENTS. <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>.

- Baptista, A.T.A.; Silva, M O.; Gomes, R.G.; Bergamasco, R.; Vieira, M.F.; Vieira, A.M.S. 2017. Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. Sep. Purif. Technol. 180: 114–124.
- Bhatia, S., Othman, Z., and Ahmad, A. L., Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. Journal of Hazardous Materials, 145, 2007, p. 120–126
- Broin, M., Santaella, C., Cuine, S., Kokou, K, Peltier, G., y otros. (2002). Flocculent activity of a recombinant protein from *Moringa oleifera* Lam. seeds. Appl Microbiol Biotechnol, 60, 114-119.
- Caldera Yaxcelys, Mendoza Iván, Briceño Ligia, García Juan y Fuentes y Lorena, 2007, Laboratorio de Investigaciones Ambientales, Núcleo Costa Oriental del Lago (LIANCOL), Programa de Ingeniería, Universidad del Zulia, Cabimas, Estado Zulia, Venezuela. yaxcelysc@hotmail.com
- Campos Castro Hugo Santiago, (2020) “Efecto coagulante de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) para clarificar agua del canal Monsefú, centro poblado Callanca, distrito Monsefú, 2019. Universidad de Lambayeque. Facultad de Ciencias de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Chiclayo,2020.
- COOPI. (2011). La *Moringa oleífera*. Un árbol multiuso para el Chaco Central. COOPI - ECHO, Paraguay.
- DIGESA – Minsa, La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) Es el órgano técnico-normativo del Ministerio de Salud del Perú.
- Espigares García M. y Fernández-Crehuet M. 1999. Calidad del agua para consumo público: caracteres físico-químicos. En Estudio sanitario del agua. Pérez López. J. A. y Espigares García M. (eds.). Editorial Universidad de Granada, Granada, pp. 85- 114.
- Estrada-Hernández Olivia; Hernández-Rodríguez Ofelia Adriana; Guerrero-Prieto Víctor Manuel. (2022) “Múltiples formas de aprovechar los

- beneficios de moringa (*Moringa oleifera* Lam.)” Universidad Autónoma de Chihuahua. (C. Escorza núm. 900, Col. Centro, Chihuahua, México. C.P)
- Feria-Diaz Jhon J; Polo-Corrales Liliana and Hernández-Ramos Elvis J. *Evaluación de lodos de coagulación de agua cruda tratada con Moringa oleífera para uso agrícola*. Ing. Investig. [online]. 2016, vol.36, n.2, pp.14-20. ISSN 0120-5609. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v36n2.56986>.
- Foild, N.; Makkar, S.; Becker, K. 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial use. Disponible en: https://miracletrees.org/moringadoc/the_potential_of_moringa_oleifera_for_agricultural_and_industrial_uses.pdf.
- Folkard, G.K.; Sutherland, J.P. & Grant, W.D. 1992. Natural coagulants at pilot scale. In: Water, environment and management. Proceedings of the 18th WEDC Conference. (Ed. J. Pickford). Loughborough University Press. Kathmandu, Nepal. p. 51.
- Fuentes Molina N, Molina Rodríguez E, Ariza C.P. (2016) Producción + Limpia, Julio - diciembre de 2016. Vol.11, No. 2 - 41•54 - DOI: 10.22507/pml.
- García de la Fuente Cristina. Parámetros Físicoquímicos del agua. PV ALBEITAR, 45/2013, 7 de noviembre de 2013.
- Guerra Álvarez B, Fernández Santana E, Tabio García D. Fac. Ing. Química. Univ. Tecnol. De La Habana José A. Echeverría (Cujae), La Habana.2017.
- Guerra Vásquez, Kenyo Bryand (2018). “Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto”. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental (2018).
- Hernández Muñoz, A. Depuración y desinfección de aguas residuales. 5ª ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2001. 1151 p. Colección Seignor nº 9. ISBN: 84-380-0190-4
- Hernández, R. Fernández C. y Batista, L. (2010). Metodología de la Investigación. (5ª ed.). México: Mc Graw-Hill Interamericana.

- Jurado-Eraso, M. 2018. Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. Revista UIS Ingenierías 17(2): 95-104
- Katayon, S. et al. Effects of storage conditions of *Moringa oleífera* seeds on its performance in coagulation. Bioresource Technology. 97, 2006, p. 1455–1460.
- Lédo Patricia G.S., Lima Raquel F.S., Paulo João B.A. y Duarte Marco A.C. Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y semillas de *Moringa oleífera* para la depuración de Aguas con Baja Turbiedad.2009. *Inf. tecnol.* [online]. 2009, vol.20, n.5, pp.3-12. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000500002>.
- Liñán Tobias, Francisco. ·” *Moringa oleífera* el árbol de la nutrición”. Ciencia y Salud. Vol.2 N° 1, diciembre 2010. Corporación Universitaria Rafael Núñez. Colombia.
- Lossio, M. (2012). “Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones” (Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Perú). Recuperado el 26 de Setiembre de 2014, de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2053/ICI_192.pdf?sequence=1
- Más y Rubí, M.; Martínez D.; Carrasquero, S.; Rincón, A.; Vargas, L. (2012). Eficiencia de las semillas de *Hymenaea Courbaril* como coagulante natural en el proceso de clarificación del agua. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería. Centro de Investigación del Agua Sanitaria Ambiental (DISA). Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.
- Matías-Cervantes Carlos Alberto, López-León Servando, Matías-Pérez Diana, García-Montalvo Iván Antonio. Articles published in this journal are licensed with a: Creative Commons Attribution Oaxaca-México, 2017. JONNPR. 2018;3(2):139-143 139 DOI: 10.19230/jonnpr.1704.

- Mejía Carrillo, P. W. (2016). "Uso de la *Moringa oleífera* Lam. (Moringácea) como coagulante natural para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas".
- Mendoza, I.; Fernández, N.; Ettiene, G. & Díaz, A. 2000. Uso de la *Moringa oleífera* como coagulante en la potabilización de las aguas. Ciencia. 8:235.
- Mera Alegría F, Gutiérrez- Salamanca M.L., Montes- Rojas C, Paz- Concha J.P. 2016 Efecto de la moringa oleífera en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Mera Alegría Carlos Fernando, Gutiérrez- Salamanca Madeleine Lieset, Montes- Rojas Consuelo, Paz- Concha Juan Pablo, 2016. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol. 14 No. 2 (100-109) Julio-diciembre 2016. Popayán, Colombia.
- MetAs & Metrólogos Asociados. Boletín *La Guía MetAs*, 2010-enero. Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro 49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 multilínea E-mail: laguiametas@metas.mx. Web: www.metas.mx.
- Meza Leones, M.; Riaños Donado, K.; Mercado Martínez, I.; Olivero Verbel, R.; & Jurado, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico. Revista UIS Ingenierías, 17(2), 95-104.
- Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima. Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA. 2011.
- Navarro, G.P. 2015. Moringa oleífera: Un aliado en la lucha contra la desnutrición. Acción Contra el Hambre: ACF International. Madrid. 36 pp.

- Ndabigengesere, A.; Narasiah, K.S. & Talbot, B.G. 1995. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.* 29:703.
- Oliveira Natalia Terezinha; Nascimento Karine Pinheiro; Gonçalves Bruno de Oliveira; Lima Felipe Cordeiro de; Costa André Luiz Neves da. 2018. Tratamiento de agua com moringa oleífera como coagulante/floculante natural. *Rev Cient Fac Educ e Meio Ambiente [Internet]*. 2018;9(1):373-382. DOI: <http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v9i1.539>
- Orellana, Jorge A. Facultad Regional de Rosario. Universidad Tecnológica Nacional. Catedra Ingeniería Sanitaria, 2005. http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Pérez Huachaca, W., & Torres Quispe, W. R. (2019). Optimización de parámetros en la purificación del agua a base de biopolímeros orgánicos de goma de tara (*Caesalpinia Spinosa*) y moringa (*Moringa Oleífera*)
- Pérez López J. y Mariscal Larrubia A. 1999. Coagulación y floculación. Cap. 11 de Estudio sanitario del agua. Pérez López. J. A. y Espigares García
- Richter, C; Pérez, J; Cánepa, L.1984. Coagulación. Lima, PE. CEPIS. 78 p.
- Rondón Macías Maylin, Díaz Domínguez Y, Rodríguez Muñoz S, Santos, A.F.S et al. 2009. Isolation of a seed coagulant *M. oleifera* lectin. *Process. Biochem.* 44:504.
- Sánchez Peña, Y.A., Martínez Ávila, G.C.G, Sinagawa García, S.R., Vázquez Rodríguez, J.A. "*Moringa oleífera*; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados", *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 2013 Volumen 5, No 9.
- Scientia Agropecuaria* 9(2): 247 – 257 (2018). Efecto del desamargado de la torta de semilla de moringa (*Moringa oleífera*) sobre su composición proximal y su perfil nutricional y toxicológico. Marcial Ibo Silva Jaimes; Fabio Enzo Cibej López; Bettit Salvá Ruíz; Américo Guevara Pérez; Gloria Pascual Chagman. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>.

- Sierra Molina Ivanna; Guatame Fontecha Daniela Viviana; 2016. "Análisis comparativo del policloruro de aluminio (PAC) y sulfato de aluminio líquido (SAL) para la optimización del proceso coagulación en la planta de tratamiento de agua potable Francisco Wiesner". Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Ciencias y Educación Proyecto Curricular de Licenciatura en Química. Bogotá D.C. 2016.
- Singh, D; Gesare, J; Kaur, H. 2013. Bioprospecting of Moringa (Moringaceae): Microbiological perspective. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 1(6):193-215.
- Toral, O., Reino, J., Santana, H., & Cerezo, Y. (2013). Caracterización morfológica de ocho procedencias de Moringa oleífera (Lam.) en condiciones de vivero. Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba.
- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Departamento de Geologia, Av. Senador Salgado Filho 3000, Campus Universitario, 59072-970-Natal, RN-Brasil.
- Vargas, L. (2012). Eficiencia de las semillas de Hymenaea Courbaril como coagulante natural en el proceso de clarificación del agua. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería. Centro de Investigación del Agua Sanitaria Ambiental (DISA). Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.
- Vázquez-Rodríguez, J.A. "Moringa oleífera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados", Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila, 2013 Volumen 5, No 9.
- Vela Arévalo, C. T. (2016). Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural Moringa oleífera en aguas obtenidas del río Alto Chicama, puente Ingón, Trujillo 2016.ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

TITULO: EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO A PARTIR DEL BAGAZO DE LA SEMILLA DE *Moringa oleífera* PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL RIO MALA, EN LA LOCALIDAD DE AZPITIA PROVINCIA DE CAÑETE 2020.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la eficiencia del Coagulante Natural obtenido a partir del bagazo de la Semilla de <i>Moringa Oleífera</i> para la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala, en la localidad de Azpitia provincia de Cañete 2020?	Determinar la eficiencia del bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> como coagulante natural para la remoción de la turbidez del rio Mala en la localidad de Azpitia Provincia Cañete 2020.	El bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> es un eficiente coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala en la localidad de Azpitia Provincia Cañete 2020.	La remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala en la localidad de Azpitia	Propiedades fisicoquímicas de las aguas del rio Mala en la localidad de Azpitia. Provincia de Cañete 2020	- Turbidez - pH - sólidos suspendidos totales. - Conductividad.	Experimental Análisis instrumental SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.: 2017. Turbidity. Nephelometric Method turbidímetro (Multiparámetro pH, T, TDS Conductividad)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE			
a. ¿Cuáles son las propiedades físico-químicas que determina la caracterización del coagulante natural obtenido del bagazo o torta proteica de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> ?	a. Analizar las propiedades físico-químicas que determinan la caracterización del bagazo de la semilla de la <i>Moringa oleífera</i> como coagulante natural.	a. Las Propiedades fisicoquímicas de la torta proteica de la semilla de la <i>Moringa oleífera</i> tiene un efecto significativo en la remoción de turbidez de las aguas del rio Mala en la localidad de Azpitia provincia Cañete.	Eficiencia del bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> como coagulante natural.	X1. Propiedades fisicoquímicas para caracterizar el bagazo o torta de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> .	-% humedad. -% ceniza. -% proteína. -% grasa -% fibra cruda -%carbohydrates	Experimental Proteína: NTP ISO 5983:2002 Determinación del contenido de nitrógeno y proteína cruda. Método Kjeldahl
b. ¿Cuáles son los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala con el coagulante natural obtenido del bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> ?	b. Determinar los factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala con el bagazo de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural	b. Los factores que influyen en la remoción de la turbidez del rio Mala con el bagazo o torta proteica de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural son: concentración, pH, RPM y tiempo		X2. Factores que influyen en la remoción de la turbidez de las aguas del rio Mala con el bagazo o torta proteica de la semilla <i>Moringa oleífera</i> como coagulante natural.	-Concentración de solución -turbidez -pH -temperatura -tiempo	Experimental y Análisis estadístico con SSPS25
c. ¿Cuáles son los parámetros que determinan la calidad del agua después del tratamiento con el coagulante natural obtenido del bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> ?	c. Analizar los parámetros que determinan la calidad del agua después del tratamiento con el bagazo de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> .	c. Los parámetros que determinan la calidad del agua, después del tratamiento, con la torta proteica de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> , cumplen los ECAs establecidos en el DS 004-2017-MINAN.		X3. Parámetros de calidad ambiental.	- Físicas Turbidez TDS, TSS, - Químicas. PH ECAs	Experimental Análisis Químico en Laboratorios acreditados.

Anexo 2

Instrumento de recolección de datos experimentales

N° de Item	Turbidez del agua turbia sintética (NTU)	Disolución de Torta de la Moringa oleífera (mL)	pH de la disolución problema en cada jarra	Turbidez después del tratamiento (NTU)
	X₁	X₂	X₃	Y
1	A ₁	B ₁	C ₁	.....
2	A ₁	B ₂	C ₂	.....
3	A ₁	B ₃	C ₃	.....
4	A ₂	B ₁	C ₂	.....
5	A ₂	B ₂	C ₃	.....
6	A ₂	B ₃	C ₁	.....
7	A ₃	B ₁	C ₃	.....
8	A ₃	B ₂	C ₁	.....
9	A ₃	B ₃	C ₂	.....

Nota. Diseño de parámetros de proceso según método del Dr. Genichi Taguchi.

Anexo 3

Análisis de las Aguas Sintéticas (I)

AGUA SINTETICA DE KAOLIN									
KAOLIN: 2,00 g/5L							03/04/21		
TURBIDEZ	CONDUCTV	TDS	COAGULANTE	pH	pH final	Turbidez	CONDUCTV	TDS	tiempo
NTU	μS/cm	ppm	ppm	trabajo		NTU	uS/cm	ppm	MINUTOS
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	5.05 (25.0°C)	5.40 (25.0°C)	86.2	308 (26.0°C)	205 (26.0°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	5.05 (25.0°C)	5.61 (26.0°C)	53.7	303 (25.0°C)	202 (25.0°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	5.05 (25.0°C)	5.37 (26.3°C)	50	303 (26.0°C)	203 (26.0°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.52(25.7°C)	7.29 (25.5°C)	9.1	312 (25.9°C)	209 (25.9°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.52(25.7°C)	7.56 (26.0°C)	5.71	315 (25.9°C)	211 (25.9°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.52(25.7°C)	7.41 (26.3°C)	5.02	310 (26.2°C)	207 (26.2°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.05 (25.7°C)	7.56 (26.0°C)	11.97	322 (25.8°C)	215 (25.9°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.05 (25.7°C)	7.76 (25.3°C)	10.08	315 (25.9°C)	211 (25.9°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.71 (25.6°C)	7.74 (25.5°C)	12.46	322 (25.5°C)	215 (25.5°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.71 (25.6°C)	7.86 (25.2°C)	10	307 (25.9°C)	205 (25.9°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	9.02 (25.7°C)	8.16 (26.5°C)	7.68	348 (26.0°C)	233 (26.0°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	9.02 (25.7°C)	8.03 (25.4°C)	5.51	355 (25.3°C)	237 (25.3°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.49 (25.4°C)	7.77 (26.9°C)	10.68	328 (26.9°C)	219 (26.9°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	300	7.49 (25.4°C)	7.72 (25.4°C)	9.45	332 (25.3°C)	222 (25.3°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.07 (26.0°C)	8.52	314 (26.0°C)	209 (26.0°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.28 (25.8°C)	6.2	301 (25.9°C)	202 (25.9°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.20 (26.2°C)	5.56	310 (26.0°C)	207 (26.0°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	9.06 (25.8°C)	8.01 (25.3°C)	10.34	321 (25.9°C)	215 (25.9°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	9.06 (25.8°C)	7.96 (25.3°C)	7.58	336 (25.2°C)	225 (25.2°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	5.02 (25.4°C)	5.57 (26.0°C)	84.2	327 (25.0°C)	219 (25.0°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	5.02 (25.4°C)	5.55 (25.2°C)	78.2	326 (25.4°C)	218 (25.4°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	8.22 (26.2°C)	5.76	345 (26.2°C)	231 (26.2°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	8.10 (26.1°C)	4.38	339 (26.0°C)	226 (26.0°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	7.97 (26.2°C)	6.35	346 (26.1°C)	231 (26.1°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	5.00 (25.8°C)	5.45 (25.4°C)	96.6	316 (25.8°C)	211 (25.8°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	5.00 (25.8°C)	5.45 (25.3°C)	75.9	321 (25.0°C)	215 (25.0°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	6.99 (25.5°C)	6.99 (26.2°C)	15.86	334 (26.2°C)	224 (26.2°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	6.99 (25.5°C)	6.98 (25.9°C)	16.05	343 (25.6°C)	229 (25.6°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	7.71 (25.6°C)	7.74 (25.5°C)	12.46	322 (25.5°C)	215 (25.5°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	7.71 (25.6°C)	7.86 (25.2°C)	10	307 (25.9°C)	205 (25.9°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.02 (25.7°C)	8.16 (26.5°C)	7.68	348 (26.0°C)	233 (26.0°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.02 (25.7°C)	8.03 (25.4°C)	5.51	355 (25.3°C)	237 (25.3°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	7.49 (25.4°C)	7.77 (26.9°C)	10.68	328 (26.9°C)	219 (26.9°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	7.49 (25.4°C)	7.72 (25.4°C)	9.45	332 (25.3°C)	222 (25.3°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.07 (26.0°C)	8.52	314 (26.0°C)	209 (26.0°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.28 (25.8°C)	6.2	301 (25.9°C)	202 (25.9°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	7.00 (25.5°C)	7.20 (26.2°C)	5.56	310 (26.0°C)	207 (26.0°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	9.06 (25.8°C)	8.01 (25.3°C)	10.34	321 (25.9°C)	215 (25.9°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	9.06 (25.8°C)	7.96 (25.3°C)	7.58	336 (25.2°C)	225 (25.2°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	5.02 (25.4°C)	5.57 (26.0°C)	84.2	327 (25.0°C)	219 (25.0°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	500	5.02 (25.4°C)	5.55 (25.2°C)	78.2	326 (25.4°C)	218 (25.4°C)	80
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	8.22 (26.2°C)	5.76	345 (26.2°C)	231 (26.2°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	8.10 (26.1°C)	4.38	339 (26.0°C)	226 (26.0°C)	75
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	9.01 (25.8°C)	7.97 (26.2°C)	6.35	346 (26.1°C)	231 (26.1°C)	105
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	5.00 (25.8°C)	5.45 (25.4°C)	96.6	316 (25.8°C)	211 (25.8°C)	30
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	5.00 (25.8°C)	5.45 (25.3°C)	75.9	321 (25.0°C)	215 (25.0°C)	70
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	6.99 (25.5°C)	6.99 (26.2°C)	15.86	334 (26.2°C)	224 (26.2°C)	50
272	306 (24.9°C)	205 (24.9°C)	700	6.99 (25.5°C)	6.98 (25.9°C)	16.05	343 (25.6°C)	229 (25.6°C)	80

Anexo 5

Análisis de las Aguas Sintéticas (III)

KAOLIN 0.75g/5L						fecha: 05/04/21			
TURBIDEZ	CONDUCTV	TDS	COAGULANTE	pH	pH final	Turbidez	CONDUCTV	TDS	tiempo
NTU	μS/cm	ppm	ppm	trabajo		NTU	uS/cm	ppm	MINUTOS
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	5.06(26.3°C)	5.37(24.9°C)	45	327(25.0°C)	215(25.0°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	5.06(26.3°C)	5.52(24.5°C)	37.4	320(24.5°C)	214(24.5°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	5.06(26.3°C)	5.47(24.8°C)	31.2	308(24.2°C)	206(24.2°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.9°C)	7.15(24.5°C)	40,2	329(24.9°C)	221(24.9°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.9°C)	7.52(24.3°C)	23.6	324(24.3°C)	217(24.3°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.9°C)	7.58(25.0°C)	15.56	322(24.4°C)	216(24.4°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.00(25.8°C)	7.60(25.3°C)	47.1	330(25.0°C)	221(25.0°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.00(25.8°C)	7.62(23.5°C)	31.7	325(24.4°C)	217(24.4°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.00(25.8°C)	7.64(23.4°C)	18.9	325(24.2°C)	217(24.2°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.8°C)	7.81(25.2°C)	42.7	330(25.2°C)	221(25.2°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.8°C)	7.60(25.3°C)	24.6	322(24.7°C)	215(24.7°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.59(25.8°C)	7.57(25.4°C)	21.9	324(24.2°C)	217(24.2°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	9.06(25.4°C)	8.94(25.9°C)	31.7	348(24.2°C)	231(24.2°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	9.06(25.4°C)	8.32(25.0°C)	20.5	356(25.1°C)	238(25.1°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	9.06(25.4°C)	8.17(25.0°C)	23.2	341(24.6°C)	225(24.6°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.66(25.4°C)	7.67(25.8°C)	39.8	324(24,2°C)	215(24.2°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.66(25.4°C)	7.99(24.4°C)	31	334(24°C)	224(24.0°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	300	7.66(25.4°C)	8.01(24.4°C)	28.8	337(24°C)	227(24°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	7.05(26.3°C)	7.07(23.2°C)	48.2	321(22.5°C)	215(22.5°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	7.05(26.3°C)	7.20(24.4°C)	40.9	337(24.4°C)	225(24.4°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	7.05(26.3°C)	7.42(25.2°C)	33.5	323(24.5°C)	216(24.5°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	9.02(25.9°C)	8.61(25.3°C)	39	359(25.2°C)	239(25.2°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	9.02(25.9°C)	8.10(25.0°C)	27.2	357(24.0°C)	238(24.0°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	5.04(25°C)	5.46(25.5°C)	42.9	323(24.6°C)	215(24.6°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	5.04(25°C)	5.83(24.1°C)	36.3	332(24.0°C)	223(24°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	500	5.04(25°C)	5.9(24.2°C)	34.5	335(24.0°C)	226(24.0°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	8.98(26.2°C)	8.58(25.2°C)	34.2	357(25.2°C)	239(25.2°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	8.98(26.2°C)	8.54(25.0°C)	16.74	365(24.7°C)	243(24.7°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	8.98(26.2°C)	8.62(25.3°C)	10.83	366(24.8°C)	245(24.8°C)	90
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	5.05(25.8°C)	5.72(25.2°C)	36.8	341(25.0°C)	228(25°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	5.05(25.8°C)	5.82(25.2°C)	29.1	328(24.8°C)	219(24.8°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	7.05(25.5°C)	7.59(24.3°C)	74.45	320(24.3°C)	214(24.3°C)	30
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	7.05(25.5°C)	7.64(24.4°C)	54.2	341(24.4°C)	231(24.4°C)	60
111.3	319(25.9°C)	213(25.9°C)	700	7.05(25.5°C)	7.85(24.5°C)	41.5	343(24.5°C)	234(24.5°C)	90

Anexo 6

Análisis de las Aguas Sintéticas (IV)

KAOLIN 0.5 g/5L			PH=7.69 A T=24.7°C				fecha: 06/04/21			
TURBIDEZ	CONDUCTIV	TDS	COAGULANTE	pH	pH final	Turbidez	CONDUCTIV	TDS	tiempo	
NTU	µS/cm	ppm	ppm	trabajo		NTU	uS/cm	ppm	MINUTOS	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	5.02(25.5°C)	5.38 (25.8°C)	31.8	318 (25.5°C)	214 (25.5°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	5.02(25.5°C)	5.49 (25.1°C)	22.7	320 (25.2°C)	214 (25.2°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	7.03(25.5°C)	7.44 (25.7°C)	11,47	313 (25.5°C)	209 (25.5°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	7.03(25.5°C)	7.84 (25.3°C)	07,04	319 (25.3°C)	213 (25.3°C)	60	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	7.03(25.5°C)	7.90 (25.3°C)	08,32	315 (25.3°C)	210 (25.3°C)	90	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	9.04(24.5°C)	8.64 (25.8°C)	16,05	337 (25.5°C)	225 (25.5°C)	35	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	9.04(24.5°C)	8.64 (25.0°C)	07,68	335 (24.9°C)	225 (24.9°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	7.69(24.7°C)	7.80 (25.7°C)	21.1	313 (25.5°C)	209 (25.5°C)	35	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	300	7.69(24.7°C)	7.72 (25.3°C)	12,80	324 (24.9°C)	216 (24.9°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	7.05 (25.4°C)	7.24 (25.2°C)	29.1	314 (25.1°C)	211 (25.1°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	7.05 (25.4°C)	7.37 (25.2°C)	18.66	323 (25.2°C)	216 (25.2°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	9.02 (25.5°C)	8.60 (25.8°C)	12.66	335 (25.5°C)	224 (25.5°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	9.02 (25.5°C)	7.90 (25.2°C)	6.12	323 (25.2°C)	216 (25.2°C)	60	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	9.02 (25.5°C)	8.16 (25.4°C)	7.38	324 (25.4°C)	218 (25.4°C)	90	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	5.03 (24.5°C)	5.34 (25.8°C)	41.2	307 (25.4°C)	206 (25.4°C)	35	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	500	5.03 (24.5°C)	5.28 (25.2°C)	31.4	318 (25.0°C)	213 (25.0°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	9.05 (25.7°C)	8.47 (25.4°C)	17.09	350 (25.4°C)	234 (25.4°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	9.05 (25.7°C)	8.31 (25.2°C)	11.57	350 (25.1°C)	233 (25.1°C)	70	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	5.07 (25.4°C)	5.66 (25.7°C)	13.15	323 (25.5°C)	216 (25.5°C)	30	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	5.07 (25.4°C)	5.35 (25.0°C)	5.91	320 (25.0°C)	220 (25.0°C)	60	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	5.07 (25.4°C)	5.42 (25.2°C)	6	321 (25.10°C)	222 (25.1°C)	90	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	7.04 (24.8°C)	7.33 (25.8°C)	49.8	325 (25.3°C)	217 (25.3°C)	35	
64.5 NTU	247(26.2°C)	165 (26.2°C)	700	7.04 (24.8°C)	7.37 (7.37°C)	31.9	325 (25.3°C)	217 (25.3°C)	70	

KAOLIN 1,0 g/5L			COLOR BEIGE				08/04/21 agua dura			
TURBIDEZ	CONDUCTIV	TDS	COAGULAN	pH de trab	pH final	Turbidez	CONDUCTIV	TDS	Tiempo	
NTU	µS/cm	ppm	ppm	trabajo		NTU	µS/cm	TDS ppm	minutos	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	5.01 (25.3°C)	5.67 (25.3°C)	166.6	315 (25.3°C)	210 (25.3°C)	30	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	5.01 (25.3°C)	5.60 (23.7°C)	134	335 (23.7°C)	225 (23.7°C)	70	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	5.01 (25.3°C)	5.52 (23.8°C)	112.1	316 (23.7°C)	211 (23.7°C)	110	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	7.61 (25.2°C)	7.77 (25.3°C)	100.3	321 (25.3°C)	215 (25.3°C)	30	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	7.61 (25.2°C)	7.96 (23.5°C)	58.7	336 (23.6°C)	225 (23.6°C)	70	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	300	7.61 (25.2°C)	7.76 (23.7°C)	39	325 (23.7°C)	217 (23.7°C)	110	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	500	7.05 (25.1°C)	7.83 (25.3°C)	116.5	327 (25.3°C)	218 (25.3°C)	30	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	500	7.05 (25.1°C)	7.93 (23.5°C)	92.1	338 (23.5°C)	227 (23.5°C)	70	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	500	7.05 (25.1°C)	7.75	66.4	331 (23.7°C)	221 (23.7°C)	110	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	700	9.02 (25.2°C)	7.81 (25.3°C)	117.7	347 (25.3°C)	231 (25.3°C)	30	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	700	9.02 (25.2°C)	8.03 (23.7°C)	72.7	353 (23.7°C)	236 (23.7°C)	70	
245	315 (25.3°C)	211 (25.3°)	700	9.02 (25.2°C)	8.07 (23.9°C)	55.9	353 (23.9°C)	236 (23.9°C)	110	

KAOLIN 0,75 g/5L			COLOR BEIGE				08/04/21 agua dura			
TURBIDEZ	CONDUCTIV	TDS	COAGULAN	pH de trab	pH final	Turbidez	CONDUCTIV	TDS	Tiempo	
NTU	µS/cm	ppm	ppm	trabajo		NTU	µS/cm	TDS ppm	minutos	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	7.01 (24.7°C)	7.62 (23.2°C)	84	321 (23.2°C)	215 (23.2°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	7.01 (24.7°C)	7.41 (23.5°C)	21.6	319 (23.3°C)	213 (23.3°C)	100	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	8.96 (25.0°C)	8.51 (23.4°C)	58.2	344 (22.5°C)	230 (22.5°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	8.96 (25.0°C)	8.53 (23.4°C)	23.4	348 (23.3°C)	233 (23.3°C)	60	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	8.96 (25.0°C)	8.58 (24.4°C)	19.45	338 (23.0°C)	227 (23.0°C)	90	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	7.73 (25.2°C)	7.82 (23.3°C)	75.6	328 (22.8°C)	219 (22.8°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	7.73 (25.2°C)	7.90 (23.5°C)	45.5	327 (23.4°C)	218 (23.4°C)	60	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	300	7.73 (25.2°C)	7.83 (24.4°C)	37.2	323 (22.8°C)	216 (22.8°C)	90	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	500	8.99 (24.9°C)	8.47 (23.1°C)	84.2	344 (24.2°C)	229 (24.2°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	500	8.99 (24.9°C)	8.44 (23.7°C)	28.9	343 (23.4°C)	229 (23.4°C)	100	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	500	7.05 (25.1°C)	7.83 (25.3°C)	116.5	327 (25.3°C)	218 (25.3°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	500	7.05 (25.1°C)	7.93 (23.5°C)	92.1	338 (25.3°C)	227 (25.3°C)	70	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	500	7.05 (25.1°C)	7.75 (24.0°C)	66.4	331 (23.7°C)	221 (23.7°C)	90	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	5.07 (24.8°C)	5.26 (23.5°C)	148.7	322 (24.4°C)	215 (24.4°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	5.07 (24.8°C)	5.25 (23.4°C)	88.3	325 (23.5°C)	216 (23.5°C)	60	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	7.00 (24.8°C)	7.59 (23.6°C)	74.45	320 (24.3°C)	214 (24.3°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	7.00 (24.8°C)	7.54 (23.1°C)	46.1	333 (23.5°C)	222 (23.5°C)	60	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	6.97 (25.4°C)	7.36 (24.8°C)	146	332 (23.4°C)	221 (23.4°C)	30	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	6.97 (25.4°C)	7.36 (23.4°C)	118.4	333 (23.5°C)	222 (3.52°C)	60	
181.1	320(25.0°C)	213(25.0°C)	700	6.97 (25.4°C)	7.25 (24.2°C)	103.5	324 (23.4°C)	218 (23.4°C)	90	

Anexo 7

Análisis comparativo entre las eficiencias del coagulante orgánico frente a los coagulantes inorgánicos, respecto a la remoción de la turbidez.

ANALISIS COMPARATIVOS CON DIFERENTES COAGULANTES								
KAOLIN 1.5 g/5L								
ENTRADA				SALIDA				
TURBIDEZ	COAGULANTE		pH de trab	pH final	Turbidez	CONDUCTIV		Tiempo
NTU	TIPO	ppm	trabajo		NTU	μS/cm	TDS ppm	minutos
62	TORTA PROTEICA	30.9	7.79 (25.8°C)	7.55 (25.7°C)	26.1	308 (25.5°)	207 (25.5°C)	30
				7.42 (25.2°C)	22.3	304 (25.0°C)	203 (25.0°C)	60
				7.47 (24.6°C)	15.36	315 (24.4°)	211 (24.4°C)	120
62	AL ₂ (SO ₄) ₃	30.9	7.79 (25.8°C)	4.19 (25.6°)	10.24	497 (25.5°C)	333 (25.5°C)	30
				4.19 (25.2°)	8.37	506 (25.1°C)	338 (25.1°C)	60
				4.21 (24.8°C)	7.58	511 (24.5°C)	341 (24.5°C)	120
62	FeCl ₃	30.9	7.79 (25.8°C)	2.70 (25.5°C)	22.4	740 (25.4°C)	494 (25.4°C)	30
				2.71 (25.2°C)	22.4	755 (25.2°C)	503 (25.2°C)	60
				2.7 (24.9°C)	22.3	784 (24.6°C)	525 (24.6°C)	120
62	PAC	30.9	7.79 (25.8°C)	7.42 (25.5 °C)	31.5	298 (25.5°C)	200 (25.5°C)	30
				7.54 (25.0°C)	28.1	292 (25.4°C)	196 (25.4°C)	60
				7.64 (24.5 °C)	21.7	301 (24.5°C)	201 (24.5°C)	120
ANALISIS COMPARATIVOS CON DIFERENTES COAGULANTES								
KAOLIN 1.5 g/5L								
ENTRADA				SALIDA				
TURBIDEZ	COAGULANTE		pH de trab	pH final	Turbidez	CONDUCTIV		Tiempo
NTU	TIPO	ppm	trabajo		NTU	μS/cm	TDS ppm	minutos
62	TORTA PROTEICA	30.9	7.79 (25.8°C)	7.71 (24.2°C)	21	310 (24.3°C)	207 (24.3°)	90
62	Al ₂ (SO ₄) ₃	30.9	7.79 (25.8°C)	4.19 (25.6°)	13.49	416 (24.4°C)	278 (24.4°C)	90
62	FeCl ₃	30.9	7.79 (25.8°C)	2.67 (24.0°C)	59.2	785 (23.9°C)	525 (23.9°C)	90
62	PAC	30.9	7.79 (25.8°C)	6.80 (23.8 °C)	8.66	394 (23.8°C)	263 (23.8°C)	90
ANALISIS COMPARATIVOS CON DIFERENTES COAGULANTES								
KAOLIN 1.5 g/5L FLOCULANTE: CATIONICO								
ENTRADA				SALIDA				
TURBIDEZ	COAGULANTE		pH de trab	pH final	Turbidez	CONDUCTIV		Tiempo
NTU	TIPO	ppm	trabajo		NTU	μS/cm	TDS ppm	minutos
183.3	TORTA PROTEICA	15.5	7.66 (24.9°C)	7.01 (25.1°C)	23.8			60
				7.54 (25.0°C)	20.6	314 (24.8°C)	210 (24.8°C)	120
183.3	AL ₂ (SO ₄) ₃	15.5	7.66 (24.9°C)	4.48 (25.3 °C)	11.33	497 (25.5°C)	333 (25.5°C)	60
				4.54 (25.2°)	12.01	506 (25.1°C)	338 (25.1°C)	120
183.3	FeCl ₃	5	7.66 (24.9°C)	6.04 (25.5°C)	9.85	338 (25.2°C)	226 (25.2°C)	60
				6.40 (25.2°C)	9.8	334 (24.9°C)	223 (24.9°C)	120
183.3	PAC	15.5	7.66 (24.9°C)	6.27 (25.3 °C)	22.2	380 (25.2°C)	253 (25.0°C)	60
				7.02 (25.7°C)	20.3	376 (25.2°C)	251 (25.2°C)	120

Anexo 8

Estándares de Calidad Ambiental

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

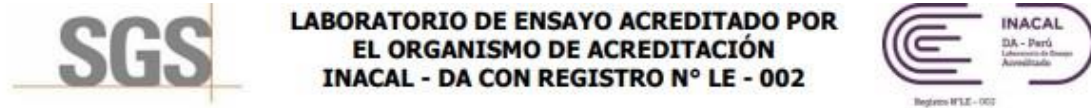
Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Gresas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Cc	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amónico- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Anexo 9

Análisis de cationes de la torta proteica o bagazo de la semilla de Moringa oleífera.



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

**INFORME DE ENSAYO
AG2143652 Rev. 0**

Página 1 de 2

Análisis solicitado por:	SANTOS PIO ALVAREZ LOPEZ PLAZA DE ARMAS N 442 SANTA CRUZ DE FLORES - CANETE - LIMA		
Solicitud de Ensayo:	232458-4	Cantidad Muestras:	1
Producto descrito como:	VEGETALES-HARINA DE MORINGA	Fecha de Recepción:	10/05/2021
Procedencia:	MUESTRA RECIBIDA	Fecha de Emisión:	13/05/2021
Observaciones Recep.:	EN BOLSAPLASTICA		
Notas:	MUESTRAS RECIBIDAS		

Ensayo	Método
aluminio, boro, calcio, Cobre, Hierro, Potasio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Fosforo, Selenio, Azufre.	AOAC Official Method 2013.06: 21th Ed. 2019 Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods Pressure Digestion and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) 2017

Identificación de la muestra			torta proteica muestra licita g/total
	L.D.	L.C.	
Calcio en Base Seca (%)	0.003	0.010	0.230
Magnesio en Base Seca (%)	0.001	0.004	0.448
Sodio en Base Seca (%)	0.002	0.005	0.012
Fosforo en Base Seca (%)	0.001	0.002	1.26
Potasio en Base Seca (%)	0.003	0.009	1.19
Azufre en Base Seca (%)	0.01	0.03	3.29
Cobre en Base Seca (mg/Kg)	0.30	0.9	8.99
Hierro en Base Seca (mg/Kg)	2.0	6	94
Manganeso en Base Seca (mg/Kg)	0.40	1.2	28
Selenio en Base Seca (mg/Kg)	0.40	1.2	1.28
Zinc en Base Seca (mg/Kg)	1.40	4.4	78
Aluminio en Base Seca (mg/Kg)	6	18	< 18
Boro en Base Seca (mg/Kg)	6	18	< 18
Molibdeno en Base Seca (mg/Kg)	0.06	0.20	< 0.20

L.D. = Límite de Detección
L.C. = Límite de Cuantificación

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se nega por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 4 (51-1) 517 1900 | www.pe.sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

Luduvina E. Reyes Rosales CQP 889
Coordinador de Laboratorio

Anexo 10

Resultado de evaluación de los parámetros de la remoción de la turbidez de las aguas superficiales del río Mala en Azpitia.



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



**INFORME DE ENSAYO
MA2121881 Rev. 0**

ALVAREZ LOPEZ SANTOS PIO

PLAZA DE ARMAS N 442 SANTA CRUZ DE FLORES - CAÑETE - LIMA

ENV / LB-349879-002

PROCEDENCIA : Azpitia

Fecha de Recepción SGS : 24-07-2021

Fecha de Ejecución : Del 24-07-2021 al 01-08-2021

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
AZ-01
AZ-02

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 01/08/2021

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Elizabeth V. Capuñay España
C.B.P 8508
Coordinador de Laboratorio Microbiología



INFORME DE ENSAYO
MA2121881 Rev. 0

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					AZ-01	AZ-02
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORÍA SUB CATEGORÍA					23/07/2021 08:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	23/07/2021 14:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Turbidez	EW_APHA2130B	NTU	0.1	0.2	248.0 ± 6.2	7.2 ± 0.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	7.3 ± 1.5	13.4 ± 2.8
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP_CX	NMP/100 mL	--	--	2.0 (**)	<1.8 (**)

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.

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery
Turbidez	NTU	0.2		0%	99 - 101%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6		105 - 107%

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
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA9221E_NMP_CX	Cajamarca	Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed; 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx> Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Anexo 11

Determinación de proteínas, nitrógeno en la torta proteica o bagazo de la semilla de Moringa oleífera



NSF INASSA S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 001



Informe de Ensayo N°183955

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Solicitante	SANTOS PIO ALVAREZ LOPEZ
Domicilio legal	PLAZA DE ARMAS N 442 SANTA CRUZ DE FLORES - CAÑETE - LIMA
Contacto	SANTOS PIO ALVAREZ LOPEZ
Dirección de entrega	PLAZA DE ARMAS N 442 SANTA CRUZ DE FLORES - CAÑETE - LIMA
Producto	TORTA PROTEICA DE SEMILLA DE MORINGA
Procedencia	Muestra proporcionada por el Cliente

Identificación	Cantidad	Descripción - Presentación	Precinto	FV	FP
TORTA PROTEICA DE SEMILLA DE MORINGA	105g	Bolsa de plástico atada, sin identificación	--	--	--

INFORMACIÓN DEL SERVICIO

Ensayos realizados en	Av. La Marina 3035-3059 San Miguel - Lima
Fecha de recepción	2021.05.13
Fecha Inicio Análisis	2021.05.13
Fecha Término Análisis	2021.05.14
Referencia	COT-108608
Identificación de Laboratorio	M-246526

RESULTADOS

Identificación	Análisis	Unidad	Resultado
TORTA PROTEICA DE SEMILLA DE MORINGA	Proteína	N x 6.25 %	59.14

"Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC".

Métodos

Proteína: NTP ISO 5983:2002 (revisada el 2018)- (VALIDADO - Modificado) 2017 ALIMENTOS PARA ANIMALES. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculos del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl

El muestreo no es parte del alcance de la acreditación del laboratorio de ensayo de NSF INASSA SAC.

Quim. Cecilia Alicia Ascención Varela
Jefe de Laboratorio de Química
C.Q.P. N° 717

Lima, 14 de mayo de 2021

..... Fin de documento

Av. La Marina 3035-3059 San Miguel - Lima 32 Perú
Tel: (511) 616-5200 Email: inassa@nsf.org Web: www.nsf.inassa.pe

ER11-1; Versión 02; 2019-06-06. Documento de referencia PER11-1

IE N° 183955

pág. 1 de 1

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación por escrito de NSF INASSA. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con las normas del producto ni la autorización de uso de la marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra proporcionada por el cliente. De tener alguna queja o apelación presentarla mediante el correo inassa@nsf.org, con la información sustentatoria.

Anexo 12

Proyecto de la "Ley que declara se interés y necesidad publica promover el cultivo, producción, industrialización, comercialización y exportación de Moringa oleífera para consumo humano"

Proyecto de Ley N° 7956/2020-CA

YESSY NÉLIDA FABIÁN DÍAZ
Congresista de la República

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"


CONGRESO DE LA REPUBLICA
ÁREA DE TRÁMITE Y DIGITALIZACIÓN DE DOCUMENTOS
28 JUN 2021
RECIBIDO
Firma: [Firma] Hora: 9:00

LEY QUE DECLARA DE INTERES Y NECESIDAD PUBLICA PROMOVER EL CULTIVO, PRODUCCION, INDUSTRIALIZACIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y EXPORTACION DE MORINGA OLEIFERA PARA CONSUMO HUMANO

Los Congresistas de la República del Grupo Parlamentario Acción Popular, a iniciativa de la congresista **YESSY NÉLIDA, FABIÁN DÍAZ**, en ejercicio de las facultades que se les confiere en el artículo 107° de la Constitución Política del Estado, concordante con el literal c) del artículo 22°, 75° y 76° del Reglamento del Congreso de la República, presentan el siguiente:

PROYECTO DE LEY

El congreso de la República
Ha dado la siguiente Ley:

LEY QUE DECLARA DE INTERES Y NECESIDAD PUBLICA PROMOVER EL CULTIVO, PRODUCCION, INDUSTRIALIZACIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y EXPORTACION DE MORINGA OLEIFERA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 1°. Objeto de la Ley

La presente ley tiene por objeto regularizar, formalizar y ordenar la producción, transformación, comercialización y exportación; así como el uso tradicional y moderno de la moringa oleífera, por las propiedades medicinales, químicas, industriales, agrícolas y nutricionales.

Artículo 2°. Entidades competentes

Encargar al Ministerio de Agricultura y Riego a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, de promover las condiciones para el manejo del cultivo y aprovechamiento total en la comercialización de la moringa oleífera, con la finalidad de priorizar el cumplimiento del objeto de la presente Ley.

Artículo 3°. Finalidad

Satisfacer las necesidades en cuanto a combatir los principales problemas de desnutrición crónica, la anemia y obesidad infantil en el Perú.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERO.- Vigencia de la norma

La presente ley entrara en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Lima, 22 de junio de 2021

.....
YESSY NÉLIDA FABIÁN DÍAZ
Congresista de la República

www.congreso.gob.pe
yfabian@congreso.gob.pe

Plaza Bolívar, Av. Abancay s/n – Lima, Perú
Central Telefónica: 311-7777

Anexo 13

Constancia emitida por el laboratorio SQA de uso de laboratorio.



Soluciones Químicas Ambientales SAC

SOLUCIONES QUÍMICAS AMBIENTALES S.A.C.

RUC: 20605725652

Dirección: Jr. Ignacio Torote N° 515 Ofic. 202

Los Olivos, Lima – Perú

Correo: administracion@sqa-peru.com

Celular: [945224080](tel:945224080) / [986018946](tel:986018946)

CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO

SOLUCIONES QUÍMICAS AMBIENTALES S.A.C consta que:

El investigador Licenciado Quím. **SANTOS PIO ALVAREZ LOPEZ** con DNI 07071744, realizó el desarrollo de su Proyecto de investigación titulada **“EFICIENCIA DEL BAGAZO DE LA SEMILLA DE MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL RÍO MALA, EN LA LOCALIDAD DE AZPITIA, PROVINCIA DE CAÑETE 2020”** en el Laboratorio de Aguas de nuestra empresa, para su tesis de maestría.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Lima, agosto del 2021



Ing. Frank Martinez Linares
REPRESENTANTE LEGAL
SOLUCIONES QUÍMICAS AMBIENTALES SAC

Anexo 14

Evidencias del desarrollo de la tesis

- Cartucho que contiene el bagazo o torta proteica, durante la extracción de aceites por el método de Soxhlet. En el laboratorio SQA.



- Mostrando un turbidímetro y dos multiparámetros en los vasos con las muestras. Determinando las condiciones iniciales.



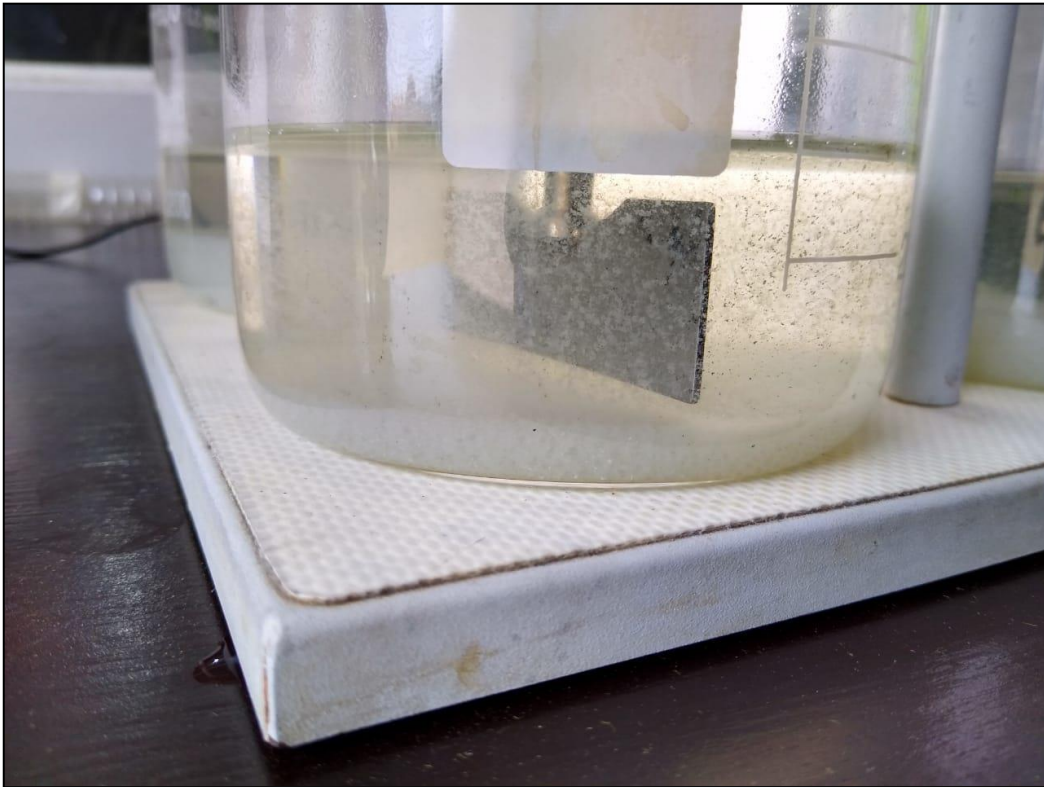
- Acercamiento, para apreciar los valores del pH 7,76 y de la turbidez 409 NTU.



- Programado las RPM y los tiempos para cada etapa del proceso: coagulación, floculación y sedimentación, para que el equipo de test de jarras empieza a funcionar. Laboratorio SQA.



- Formación de los flóculos. Laboratorio SQA.



- Cada "jarra" es retirada para medir sus turbideces a diferentes concentraciones, pH y tiempos. Laboratorio SQA.



- Comparando la eficiencia de la *Moringa oleífera* con la de otros tres diferentes coagulantes inorgánicos. Laboratorio SQA.



- En el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC, Midiendo la turbidez de cada jarra..

