

Purificación del agua utilizando moringa destinada al consumo humano.

Jetli Enders Ccama Quispe^{a1}

^aEP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

Actualmente, hay muchos tipos de productos que pueden reducir la turbidez del agua, pero en muchos casos, se deja la "marca" utilizada en el agua. Bajo los efectos de los coagentes, es un rastro de compuestos de metal de agua y sedimento. En este proceso de tratamiento de agua, se utilizó el sulfato de aluminio agregado, pero se descubrió que son costoso y dejan secuelas que pueden tergiversar la clarificación del agua.

La metodología son operaciones unitarias tales como el pelado, secadas, trituradas y tamizado para convertir la Moringa en polvos, seguid a ello se realizó la extracción de aceites de la semilla de Moringa con el método de Soxhlet. Una vez extraído el aceite se preparó las soluciones al 1%, 3% y 5%. Mediante el test de jarras, se simuló un proceso de clarificación y se observó la reducción de turbidez que se obtuvo con cada coagulante. La finalidad de clarificación fue mostrada con una dosificación de 300 mg/l de coagulante obteniendo una turbidez relativamente baja en comparación de todos los ensayos hechos. En conclusión, el coagulante (la moringa o.) puedo ser una solución para la problemática que mostramos ya mostro una mejora en la turbidez disminuyéndola de 39.8 NTU unos 10 NTU. Y este puede ser sostenible en una comunidad que no cuenten con presupuestos.

Palabras clave: Moringa Oleífera; Coagulación-floculación; test de jarra; Dosis optima; potabilización de aguas subterráneas.

Summary

Currently, there are many types of products that can reduce the turbidity of water, but in many cases, the "mark" used in the water is left. Under the effects of coagents, it is a trace of metal compounds of water and sediment. In this water treatment process, the added aluminum sulfate was used, but it was found that they are expensive and leave sequelae that can distort the clarification of the water.

The methodology is unit operations such as peeling, drying, crushing and sieving to convert Moringa into powders, followed by the extraction of oils from Moringa seed with the Soxhlet method. Once the oil was extracted, the 1%, 3% and 5% solutions were prepared. By means of the jar test, a clarification process was simulated and the reduction in turbidity obtained with each coagulant was observed.

The purpose of clarification was shown with a dosage of 300 mg / l of coagulant obtaining a relatively low turbidity compared to all the tests done. In conclusion, the coagulant (moringa or.) can be a solution for the problem that we show and showed an improvement in turbidity decreasing it from 39.8 NTU about 10 NTU. And this can be sustainable in a community that does not have budgets.

Keywords: Moringa Oleifera; Coagulation and flocculation; pitcher test; Optimal dosage; Groundwater purification.

¹ Autor de correspondencia:
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima
Tel.: +0-000-000-0000
E-mail: jetli.ccama@upeu.edu.pe

1. Introducción

Actualmente existen muchos tipos de productos capaces de reducir la turbidez del agua, sin embargo, muchos dejan "marcas" de su uso en el agua, siendo más evidente un cambio en el color del agua postratamiento como es el caso de las sales de hierro, en algunos casos quedan trazas de compuestos metálicos tanto en el agua como en los sedimentos bajo el efecto del floculante (ASTUDILLO & MERA, 2017).

El agua contaminada con sustancias puede ser tratada por muchos métodos, ya sean químicos o biológicos, incluidos los métodos químicos que se encuentran actualmente en la fase de investigación de la prueba piloto, sin embargo, no son ampliamente utilizados a escala industrial porque son: procesos de oxidación avanzada, y electroquímica (Tesis et al., 2013). Su principal limitación es que presentan costos económicamente más altos que las técnicas convencionales para tratar grandes cantidades de agua, ya que a veces no es posible implementar el procesamiento en un solo paso y es necesario aplicar en combinación con una que en última instancia aumenta los costos (Mesa et al., n.d.)

El objetivo general de esta investigación es la remoción de la turbidez de aguas de pozo domestico con la elaboración de la solución con las semillas de moringa para una mejor eliminación de manera natural de sólidos en la muestra de 'agua' de la comunidad Central Esque-Juliaca 2023 como coagulante-floculante. Los coagulantes, ya sean de origen orgánico o inorgánico, tienen un rango de pH óptimo en el que pueden funcionar de manera efectiva. En el caso del sulfato de aluminio, este requiere de un pH controlado para poder llevar a cabo su funcionamiento (ASTUDILLO & MERA, 2017)

.

La moringa oleífera se puede cultivar de dos formas, sembrando sus semillas o sembrando fragmentos de plantas, como: tallos, raíces o ramas, conocidas como el nombre de la cultura por los guardianes (Vera Bravo & Zambrano Zambrano, 2019). Generalmente es resistente a varios climas, sin embargo, es vulnerable en épocas de viento y sequía. Se presenta en diferentes lugares del mundo; Los estudios han demostrado que la Moringa oleifera cultivada tiene propiedades nutricionales superiores (Meza et al., 2018). Un agua cruda de fuentes superficiales o subterráneas es una serie de partículas suspendidas y disueltas que se eliminan durante la purificación, porque le dan turbidez al agua, un color, sabor y lo que la hace poco atractiva y desagradable para el consumidor. En este proceso de potabilización, se usó el sulfato de aluminio coagulante, que resultó ser bueno en términos de turbidez y decoloración (Mendoza et al., 2000).

Recapitulando la turbidez de las aguas subterráneas ha sido una de las que el hombre ha aprendido a solucionar mediante utilizando inorgánicos como el sulfato de aluminio, eficaz y bueno para su eliminación (Collantes et al., 2020). Pero su uso excesivo produce lodos contaminantes y problemas de salud. Esto hace que el hombre vuelva su mirada hacia él para producir coagulantes, principalmente a partir de las semillas, estas presentan proteínas catiónicas de alto peso molecular que las hacen comportarse como coagulantes y efectivos floculantes (Rubio, 2018).

Objetivo general

Determinar la dosis y concentración óptima del coagulante de Moringa oleífera en la clarificación del agua de pozo en la comunidad de esquen.

Objetivo Específico

- remover de la turbidez de aguas de pozo doméstico con la elaboración de la solución con las semillas de moringa para una mejor eliminación de manera natural de sólidos en la muestra de 'agua' de la comunidad Central Esque-Juliaca 2023 como coagulante-floculante.
- verificar el óptimo pH del agua de pozo en el que pueden funcionar de manera efectiva.

2. Materiales y Métodos

La metodología empleada en este proyecto fue netamente experimental y de tipo gravimétrico.

2.1 Muestreo

El lugar de muestreo se hizo en la comunidad Central Esquen, distrito de Juliaca, provincia San Román, departamento de Puno. Se utilizó una muestra de agua de 16.800 L, proveniente del pozo doméstico.



Figura 1. Lugar de Muestreo

2.2. Extracción de aceite de la moringa con Soxhlet

Según Rubio (2018) Indica que 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. Por ello optamos por el método soxhlet.

Se procedió con la extracción del aceite de moringa utilizando 200 g de harina de moringa de color blanco amarillento, de aspecto bastante grasoso y de olor particular, también se agregó 100 ml de hexano y 50 ml de alcohol. (Mendoza et al., 2000) Aproximadamente, un 40% de su peso de un tipo de grasa que no posee propiedades coagulantes y deja un residual lipídico en el agua tratada. Por esta razón se eliminó la grasa de la harina a través de un proceso de extracción. Los extractos fueron filtrados y el disolvente fue evaporado. Los ácidos grasos obtenidos de los aceites fueron determinados como ésteres metílicos por cromatografía de gases con una columna



Figura 2. Equipo Soxhlet

2.3. Preparación de la solución

“El polvo fino (2,5 g) se disolvió en 250 mL de agua destilada; la solución se filtró y se utilizó como coagulante” (Caldera et al., 2007). “La preparación de la solución a partir de la harina de Moringa se realizó siguiendo la recomendación de (Turcios Flores, 2017).

Prosiguiendo con la preparación se agregó coagulantes a 1g, 3g y 5g de harina de moringa y se disuelve en 200 ml de agua destilada por igual a los tres vasos precipitados, luego removerlo con varilla durante 20 min. Finalmente se realizó con la filtración con papel filtro con un embudo a una fioas de 100 ml de capacidad.

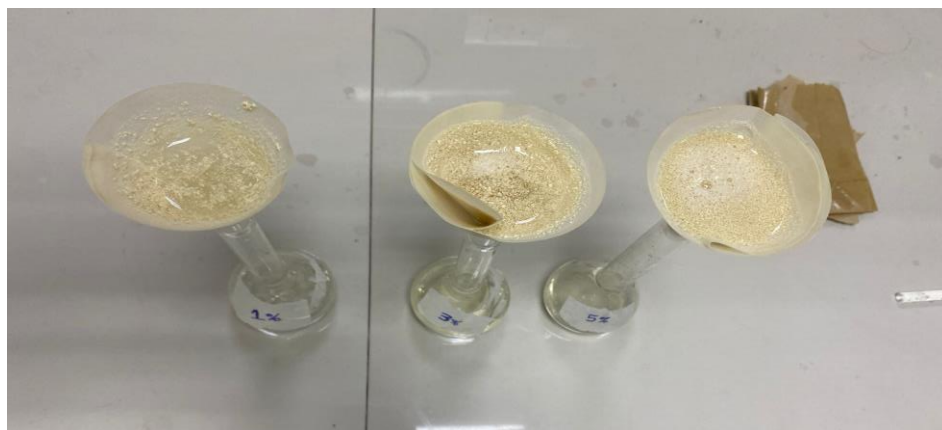


Figura 3. Soluciones de Moringa al 1%, 3% y 5%

2.4. Procedimiento experimental de la coagulación-floculación

Es muy importante evaluar coagulantes y floculantes más efectivos, menos perjudiciales y ambientalmente inocuos para remover la turbidez de las aguas, con la finalidad de sustituir total o parcialmente las sales de hierro y aluminio y los polímeros orgánicos sintéticos. Por lo cual, los coagulantes naturales constituyen una alternativa viable porque son usualmente más seguros para la salud humana.

Con el fin de establecer las condiciones óptimas del polvo de la semilla de Moringa se utilizó como sustancia coagulante, en donde se realizó una serie de 3 ensayos a cada uno de ellos con 3 repeticiones de coagulación/floculación.

2.4.1. Test de jarra

Para evaluar la eficacia de cada dosis empleada en la remoción de la turbidez se aplicó el test de jarra.

Después, se procedió a realizar la prueba de jarras utilizando 700 ml de agua de pozo domestico de la comunidad Central Esquen, se trabajó con 6 vasos de 1L.

La solución del coagulante Moringa que se aplicó a las jarras en cada vaso mediante una pipeta a una dosis optima de 50, 100, 150, 200 250 y 300. Seguido se succionó el contenido de cada vaso con una jeringa con la aguja puesta, sacando hasta la última gota, se retiró la aguja y cada una de las jeringas se colocó delante de cada jarra correspondiente. Se programó el equipo de prueba de jarras de la siguiente manera: cada muestra se sometió a una mezcla rápida de 250 rpm durante 1 minuto en este tiempo se le adicionó las dosis de coagulantes de Moringa de manera simultánea e instantánea la solución del coagulante Moringa oleifera a todas las jarras, cuidando de que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida. Teniendo en cuenta que, para modelar el proceso, el coagulante debe usarse en el punto de máximo turbulencia, es decir, al centro de las paletas.

Luego una mezcla lenta de 40 rpm durante 20 minutos para evaluar la remoción de la turbiedad. Una vez que el equipo concluyó con los tiempos de mezcla y floculación, este se apagó simultáneamente esperando por 5 minutos a que sedimenten las partículas suspendidas y se procedió a retirar las jarras, antes tomar las muestras a todas las jarras en un volumen de aproximadamente 15 ml, y medimos la turbiedad de cada jarra.

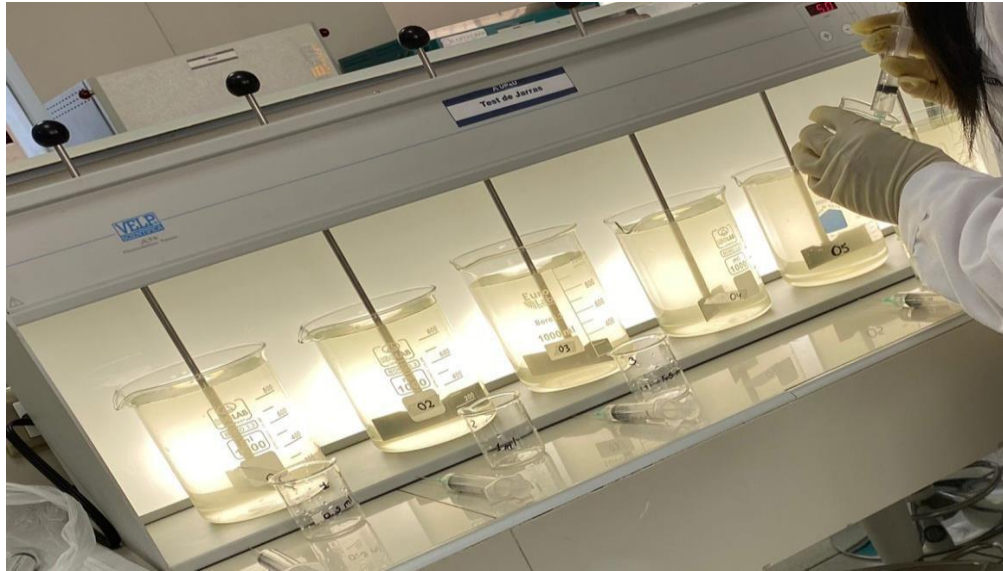


Figura 4. Test de Jarra

2.4.2. Dosis optima

- Se determinó la turbiedad inicial y el pH del agua cruda con la que se va a trabajar.
- Se preparó una solución de Moringa oleífera a la concentración de la solución se trabajó a 1%, 3% y 5% y calculamos la cantidad de coagulante que se va a aplicar a cada jarra mediante la ecuación de balance de masas.
- Cálculos

Calcular la cantidad de coagulante que se va a aplicar a cada jarra mediante la ecuación de balance de masas:

$$P = D \times Q = q \times C$$

Donde:

P = peso de coagulante por aplicar
D = dosis de coagulante en mg/L Q = capacidad de la jarra en litros q = volumen de solución por aplicar (mL)
C = concentración de la solución en mg/L

Por ejemplo:

$$q = \frac{D * Q}{C}$$

Tabla 1
Cálculo de la dosis óptima.

Jarras	Dosis en (mg/L)	mL de solución		
1	50	$q = \frac{50 \text{ mg/L} * 1L}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 50 \text{ mL}$		
2	100	$q = \frac{100 \text{ mg/L} * 1L}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 100 \text{ mL}$		
1L	3	150	$q = \frac{mg}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 150 \text{ mL}$	150 /L *
1L	4	200	$q = \frac{mg}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 200 \text{ mL}$	200 /L *
5	250	$q = \frac{250 \text{ mg/L} * 1L}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 250 \text{ mL}$		
1L	6	300	$q = \frac{mg}{10000 \text{ mg/L}} * \frac{1000ml}{L} = 300 \text{ mL}$	300 /L *

2.4.3. Concentración optima

Una vez determinadas la dosis de solución del coagulante Moringa oleífera al 1%, 3% y %5 el siguiente paso fue el ver la influencia de la concentración en la remoción de la turbiedad. Determinando la turbiedad residual de cada jarra correspondiente, cada uno de concentración diferente y realizar gráficos para determinar la dosis óptima.

Luego las muestras se analizaron, utilizando un Turbidímetro después de los ensayos de marca EZODO con 10 ml de muestra.

3. Resultados y Discusión

De los datos compilados y el análisis de los datos, se presenta con detalle los datos tablas y gráficos. Se muestra tablas de los tres ensayos elaborados en el laboratorio con los datos de pH de la muestra desde el ingreso de la muestra al laboratorio hasta hallar los resultados de; alcalinidad en la muestra, la dosis de coagulante de moringa utilizado y también la Turbiedad inicial y la turbiedad residual. Y suplementario a esto la evaluación del Willcomb de las pruebas “Test de jarra”.

Tabla 2

Datos de la muestra y equipos para determinación de la dosis óptima.

Determinación de la dosis optima de coagulante				
1	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
	Muestra:	KEW-01		
	Zona:	comunidad Central Esquen-JULIACA		
	Hora:	11:00 a. m.	Fecha: 20/05/2025	
2	EQUIPO DE JARRAS			
	Volumen:	1000		
	Paletas:	simples 1" x 3"		
	<u>Estatores:</u>	<u>SI</u>		
3	AGUA CRUDA			
	Turbiedad To	39.8	NTU	ph 6.81
	Alcalinidad	121.2	mg/l	Temp: 13°C
4	COAGULANTES			
	Coagulante:	Moringa O.		
	<u>Alcalinizante:</u>	<u>NO</u>		
5	TIEMPOS Y VELOCIDADES			
	Mezcla Rapida:	1 min	250 rpm	
	Mezcla lenta:	20 min	40 rpm	
	Sedimentacion:	5 min	Reposo	
Nota: ph = Grado de acidez o alcalinidad; rpm = Revoluciones por minuto: To = Turbiedad inicial.				

3.2. Resultados 1

Con la concentración más baja, que le permite obtener una turbidez más baja y un residuo insignificante de contaminante en el agua, ya que el consumo en altas concentraciones con flox es perjudicial para la salud. El coagulante M. oleífera, no deja desechos en el agua tratada, lo que puede afectar el cuerpo, dado su origen vegetal (Caldera et al., 2007).

Tabla 3

Ensayo de jarras N° 1 elaborado al 1 % de concentración de moringa oleífera como coagulante con la mezcla de 100ml de agua destilada.

ENSAYO DE JARRAS N° 1 AL 1%									
Jarra	Agua cruda		Dosis mg/l		Obs visual		Agua sedimentada		
	pH	Alcali	Coag Mo	Alcali Cal	T	Ind.	Tr Ph	NTU	Alcali
		mg/l							
					min	Willcomb			mg/l
1	6.81	121.2	50	-	9	D	6.68	28.8	68
2	6.81	121.2	100	-	6.4	E	6.5	27.6	65
3	6.81	121.2	150	-	6.1	E	6.4	27.4	57
4	6.81	121.2	200	-	8	E	6	28.1	44
5	6.81	121.2	250	-	6.2	D	6.1	27.9	60
6	6.81	121.2	300	-	4.5	F	5.9	25.2	71

Nota: ph = Grado de acidez o alcalinidad; rpm = Revoluciones por minuto; Tr = Turbiedad residual; Obs = observación; T = tiempo; Alcali = Alcalinidad; NTU= unidad nefelométrica de turbidez.

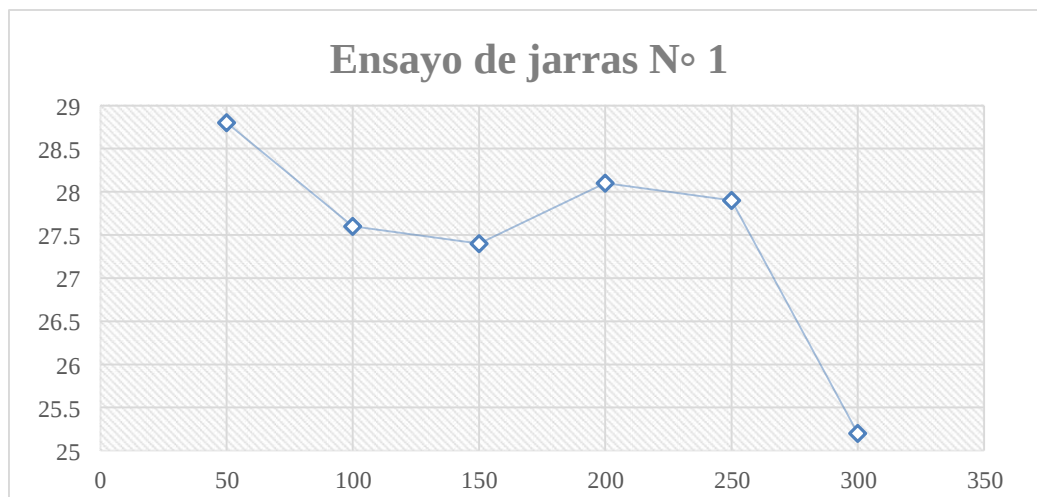


Figura 5. Gráfico del ensayo N° 1 en concentración del 1%

En la obtención de los primeros resultados de las pruebas de laboratorio se proporcionan estimaciones de las dosificaciones, los efectos causados de las dosificaciones de 50; 100; 150, 200; 250 y 300 del coagulante de Moringa en una concentración del 1% (1g de coagulante en 100 ml de agua destilada). Tenemos a la dosificación de 300mg/l como el mejor coagulante con menos de 25.2 NTU de turbidez y la dosificación de 50 mg/l como el coagulante menos óptimo con de 28.8 NTU de turbidez.

3.3. Resultados 2

Tabla 4

Ensayo de jarras N° 2 elaborado al 3 % de concentración de moringa oleífera como coagulante con la mezcla de 100ml de agua destilada.

ENSAYO DE JARRAS N° 2 AL 3%										
jarra	Agua cruda	Dosis mg/l					Obs visual		Agua sedimentada	
Alc T	Ind. Tr	Alc pH	Coag	Mo	Alcali	Cal Ph				
mg/l							min	Willcomb	NTU	mg/l
1	6.81	121.2	50	-	-	-	5.5	E	6.8	27.1
2	6.81	121.2	100	-	-	-	6.4	E	7	27.7
3	6.81	121.2	150	-	-	-	9	D	7.2	28
4	6.81	121.2	200	-	-	-	8.1	E	6.9	28.9
5	6.81	121.2	250	-	-	-	6.4	D	7.1	27.7
6	6.81	121.2	300	-	-	-	5.4	F	7.5	27.2

Nota: *ph* = Grado de acidez o alcalinidad; *rpm* = Revoluciones por minuto; *Tr* = Turbiedad residual; *Obs* = observación; *T* = tiempo; *Alcali* = Alcalinidad; *NTU*= unidad nefelométrica de turbidez.

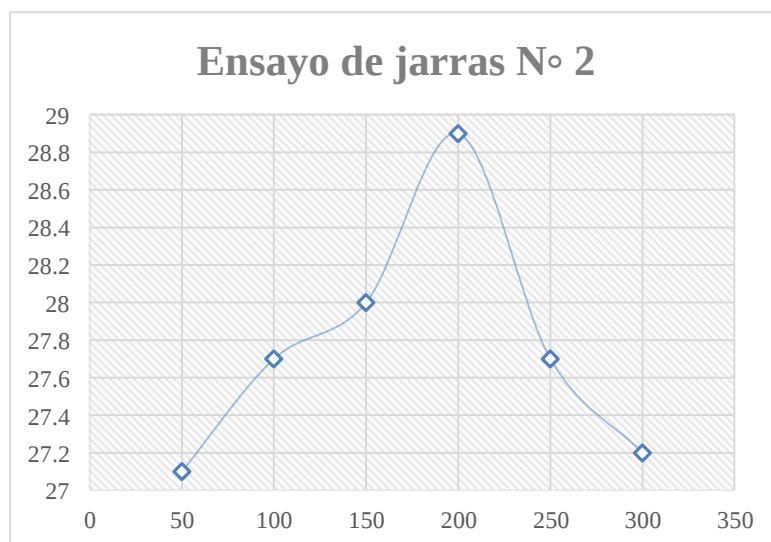


Figura 6. Gráfico del ensayo N° 2 en concentración del 3%

Al reporte del segundo resultado de las pruebas de laboratorio se proporciona estimaciones de las dosificaciones, los efectos causados de las dosificaciones de 50; 100; 150, 200; 250 y 300 del coagulante de Moringa en una concentración del 3% (3g de coagulante en 100 ml de agua destilada. Tenemos a la dosificación de 50mg/l como el mejor coagulante con menos de 27.1 NTU de turbidez y la dosificación de 200mg/l como el coagulante menos optimo con de 28.9 NTU de turbidez.

3.4. Resultados 3

Tabla 5

Ensayo de jarras N° 3 elaborado al 5 % de concentración de moringa oleífera como coagulante con la mezcla de 100ml de agua destilada.

ENSAYO DE JARRAS N° 3 AL 5%									
jarra	Agua cruda		Dosis mg/l		Obs visual		Agua sedimentada		
	Alc	T Ind.	Tr	Alc pH	Coag	Mo	Alcali	Cal	Ph
			mg/l						
					min	Willcomb	NTU	mg/l	
1	6.81	121.2	50	-	6	D	6.5	23.5	68
2	6.81	121.2	100	-	8	E	7	26.2	65
3	6.81	121.2	150	-	9	E	6.6	27.7	57
4	6.81	121.2	200	-	6.2	F	6.9	29.6	44
5	6.81	121.2	250	-	7.1	D	6.7	28.9	60
6	6.81	121.2	300	-	4.5	E	6.9	34.8	71

Nota: ph = Grado de acidez o alcalinidad; rpm = Revoluciones por minuto; Tr = Turbiedad residual; Obs = observación; T = tiempo; Alcali = Alcalinidad; NTU= unidad nefelométrica de turbidez.

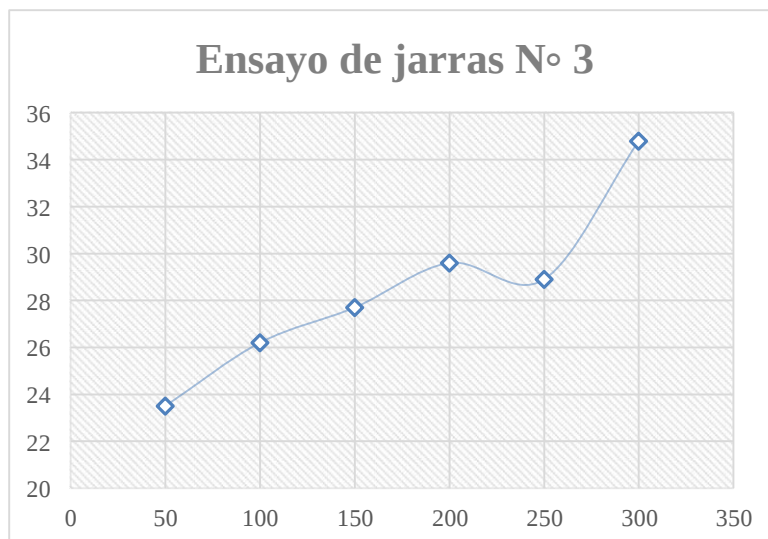


Figura 7. Gráfico del ensayo N° 3 en concentración del 5%

En el Tercer resultado (Figura 7) de las pruebas de laboratorio se proporciona estimaciones de las dosificaciones, los efectos causados de las dosificaciones de 50; 100; 150, 200; 250 y 300 del coagulante de Moringa en una concentración del 5% (5g de coagulante en 100 ml de agua destilada. Tenemos a la dosificación de 50mg/l como el mejor coagulante con menos de 23.5 NTU de turbidez y la dosificación de 300mg/l como el coagulante menos optimo con de 348 NTU de turbidez.

Resultados Final, comparativo de los tres ensayos.

Tabla 6

Cuadro comparativo de los tres ensayos.

Pruebas	Coag Mo mg/l	Resultado optimo
E1	300	25.2
E2	50	27.1
E3	50	23.5

Nota: E1 = primer ensayo en concentración al 1% del coagulante (moringa o.); E2 = segundo ensayo en concentración al 3% del coagulante (moringa o.); E3 = tercer ensayo en concentración al 5% del coagulante (moringa o).

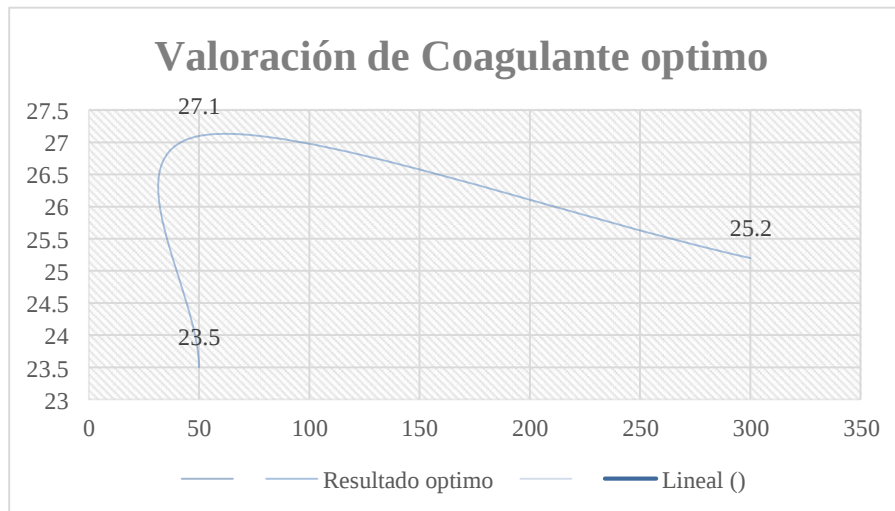


Figura 8. Gráfico de valoración de la dosis optima del coagulante

En el aporte final del trabajo tenemos valoraciones como una dosis optima del ensayo número 3 que alcanzo una turbiedad de 23.5 NTU la cual es la más óptima con una dosis de 50mg/l con una concentración del 5% dentro del estudio, en la segunda dosis recomendada se encuentra el ensayo número 1 que alcanzo una turbiedad de 25.2 NTU la cual es la segunda más óptima con una dosis de 300mg/l con una concentración del 1% y la tercera dosis que tuvo una buena porción de coagulación se encuentra el ensayo número 2 que alcanzo una turbiedad de 27.1 NTU la cual es la segunda más óptima con una dosis de 50mg/l con una concentración del 3% .

4. Discusiones

- Moringa oleífera es una planta que ha sido evaluada por su eficiencia como coagulante en el tratamiento del agua. Pero no es utilizada por su poco conocimiento a pesar de ser clave de los resultados de búsqueda en las soluciones sustentables en el tratamiento de aguas. En comunidades altoandinas tenemos la problemática que muchos pobladores consumen aguas sin ningún tipo de tratamiento.
- La evaluación de la moringa ha sido como un coagulante en la potenciación de aguas crudas subterráneas con valores de turbidez que pudieron o pueden contaminar a personas dentro de una locación. La temperatura cálida del agua favorece el uso de semillas de M. oleífera como coagulante, ya que las temperaturas más altas dan como resultado una mayor eficiencia. y las condiciones son factores muy preocupantes en muchas zonas rurales, pero ese no tiene que ser una limitación y como ingenieros tenemos de crear proyectos evaluando las condiciones de zonas alejadas.
- El tratamiento de aguas de alta turbidez y carga orgánica son su área de la Moringa oleífera ya que ha sido evaluada por su eficiencia como coagulante según (Arreola & Canepa, 2013). El uso de Moringa oleífera como coagulante ha mostrado resultados favorables en el tratamiento de aguas subterráneas con una condición de turbidez de 39.8 NTU.
-
- Los estudios han demostrado que la actividad coagulante de las semillas de Moringa es comparable a la obtenida mediante el uso de sulfato de aluminio. El sulfato de aluminio resalta no solo en las investigaciones y en las aplicaciones de diversas zonas de nuestro territorio, pero el uso de Moringa oleífera como coagulante en el tratamiento del agua ha mostrado resultados prometedores y se está evaluando como una alternativa potencial a los coagulantes tradicionales.

5. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

(Álvarez, 2017) Obtuvo una eficiencia de remoción de turbidez del 97,06%. En el presente trabajo obtuve rendimientos que, de acuerdo con la concentración de bagazo de semilla de *Moringa oleífera* empleado, varía entre 90,63 y 98,27% para las aguas del río y entre 82,94 y 90,84% para el agua sintética. (LOPEZ, 2022) 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. (Calder,

2007) Indica que las semillas de *M. oleífera* constituyen una alternativa para minimizar la turbidez presente en el agua que llega a la planta de tratamiento, (Mejía Carrillo, 2020) nos dice que los resultados obtenidos fueron 97.8%, 89.9%, 51.4% y 35.3% de remoción de turbidez, SST, DQO y DBO5. Sin embargo, incrementos en la fracción orgánica soluble fueron obtenidos al usar el coagulante natural, siendo necesario un tratamiento secundario posterior a la coagulación. Los coagulantes naturales son una excelente opción en la remoción de contaminantes de alta carga orgánica y turbidez, siendo una buena alternativa su aplicación en el tratamiento primario en zonas rurales de baja demanda de agua. se demuestra que el polvo de (*M. oleífera*) resulta ser un coagulante que permite remover SST en aguas residuales esto corrobora con (Iván Mendoza, 2000) obtuvo pruebas de eficiencia SST de 41,7%, con dosis de 10000 mg/l, en turbidez aplicó dosis de 7500 mg/l con una remoción de turbidez entre el 19 al 21% y pH 7,6, se evidencia que no necesariamente a mayor concentración de solución coagulante se da un mayor nivel de remoción en la turbidez. (Holanda Teresa Vivas Saltos, 2022) verificó que se necesita cantidades medias de polvo de (*M. oleífera*), debido a que se obtienen mejores eficiencias de remoción en la turbidez, una sobredosificación del polímero causa un efecto negativo en el proceso fisicoquímico de coagulación-floculación, afectando el tamaño del floculo, hechos que coincidieron con los resultados de esta investigación ya que al aumentar la dosis de 10000 mg/l a 12000 mg/l se redujo la eficiencia de remoción.

6. Conclusiones

Se concluye que el empleo de moringa como coagulante natural disminuye el valor de turbidez inicial de 39.8 NTU a valores iguales por los estándares de calidad del agua 5 NTU. Las dosis de *Moringa* estudiada disminuyeron los valores de turbiedad y color inicial, respectivamente se identificaron 3 coagulantes naturales de moringa (1%, 3% y 5%). En cuanto a la eficacia, el coagulante natural de *Moringa* fue eficiente, debido a que contienen aminoácidos polares con carga positiva y negativa, que interactúan con las partículas coloidales responsables de la turbidez y el color durante el proceso de clarificación de las aguas, ayudando a su eliminación. Además de su mayor porcentaje de remoción la *Moringa* utiliza una menor cantidad de dosis aplicada para desestabilizar las partículas coloidales. Los coagulantes naturales identificados en esta revisión son una alternativa viable para el tratamiento de aguas potables ya que alcanzan porcentajes de remoción de turbidez y color semejantes al de los coagulantes químicos.

7. Recomendaciones

Lista de sugerencias que dan continuidad al tema de investigación (Esta lista es opcional).

- Para tratamientos de coagulación de aguas turbias, se recomienda emplear diferentes condiciones de pH con diferentes dosis de coagulantes para obtener resultados más exhaustivos.
- Como tratamiento primario de coagulación-floculación se recomienda utilizar la mayor dosis de polvo de (M. oleífera) de acuerdo con el agua, para obtener mayor remoción, ya que esta proporcionó mejores resultados en SST turbidez y color.
- De acuerdo con el 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. 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 publica 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 sequias, y su beneficio sería muy valioso como alimento, medicina o coagulante en el tratamiento de aguas.
- Los agentes están en la semilla. están presentes coagulantes que ayudan a eliminar la turbidez, el color y los coliformes. siendo un buen sustituto del agua, además de no modificar su pH. ya que reduce mucho la cantidad de agua de depuración. coliformes en las heces.

Referencias

- Arreola, M. M. S., & Canepa, J. R. L. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería*, 17(2), 93–101.
- ASTUDILLO, C., & MERA, C. (2017). *Dosificación De Pasta De Moringa Oleifera Como CoagulanteFloculante Natural Para El Pretratamiento De Aguas Superficiales*.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/42506>
- Caldera, Y., Mendoza, I., Briceño, L., García, J., & Fuentes, L. (2007). Eficiencia de las semillas de Moringa oleifera como coagulante. *Bol. Centro Invest. Biol.*, 41(2), 244–254.
https://www.researchgate.net/profile/Yaxcelys_Caldera/publication/303837712_EFICIENCIA_DE_LAS_SEMILLAS_DE_Moringa_oleifera_COMO_COAGULANTE_ALTERNATIVO_EN_LA_POTABILIZACION_DEL_AGUA/links/5756fb0b08ae5c65490421cb.pdf
- Collantes, U., Torres, C., & Gonzales, V. (2020). *Y Carga Orgánica*. 119–127.
- Mendoza, I., Fernández, N., & Ettiene, G. (2000). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas Use of Moringa oleifera as coagulant in the water treatment. *Ciencia* 8, 8(August), 235–242.
- Mesa, A., González, O., & Paola, W. (n.d.). *Ingeniería de Procesos*. 1–40.
- Meza, M., Riaños-donado, K., Mercado-Martínez, I., Olivero-verbel, R., & Jurado-eraso, M. (2018). *Poder Coagulante*. 17.
- Rubio, J. (2018). Universidad nacional del callao ip®. *Univerddidad Nacional Del Callao*, 130.
<http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>
- Tesis, P. D. E., Luis, J., & Betancourt, R. (2013). *La Molina*. 0–33.
- Turcios Flores, E. G. (2017). Uso de la semilla de moringa oleífera como coagulante orgánico en el tratamiento de agua para consumo humano. *Agua, Saneamiento y Ambiente*, 14(1), 1–100.
<https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1138>
- Vera Bravo, K. E., & Zambrano Zambrano, M. M. (2019). *EVALUACIÓN DEL POLVO DE MORINGA (M. oleífera) PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA RESIDUAL DEL CAMAL MUNICIPAL DE CALCETA*. 1–57.
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/996/1/TTMA42.pdf>