

# Eficiencia de la kealla (*austrocyllindropuntia subulada*) como un coagulante natural para reducir la turbidez en el tratamiento de agua

Chuquimamani Quispe Yudith Nohemi <sup>a\*</sup>, Sosa Quispe Flor Milagros <sup>a</sup>, Yana Mercado Rosario Dayana <sup>a</sup>

<sup>a</sup>EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

## Resumen

El estudio realizado sobre la eficiencia de la Kealla (*Austrocyllindropuntia subulata*) como coagulante natural para reducir la turbidez en el tratamiento de agua, sobre todo en este estudio se basó en la reducción de la turbidez del río Maravillas, para ello se realizó mediante un método de jarras, donde se recolectaron muestras de agua con diferentes niveles de turbidez, en las cual el extracto de Kealla se aplicó en varias concentraciones, y se midió la turbidez antes y después del tratamiento, por lo que los resultados mostraron una notable eficiencia: se lograron reducciones del 75.6% en turbidez inicial de 34.8 NTU, 87.03% con 55.6 NTU y 84.82% con 83.4 NTU, por lo que la dosis óptima de coagulante variaba según la turbidez, siendo 6 ml la más efectiva para 55.6 NTU, por otro lado aunque los coagulantes químicos como el sulfato de aluminio son más efectivos en términos absolutos, la Kealla destaca por su sostenibilidad y menor impacto ambiental, por lo que el coagulante natural Kealla demostró ser altamente eficiente en la reducción de la turbidez de las aguas del río Maravillas, logrando una remoción del 87.03% en condiciones óptimas en comparación con otros coagulantes naturales como el Opuntia ficus indica (fruto del cactus) y el Nopal (Opuntia ficus-indica), la Kealla presentó un desempeño comparable e incluso superior en algunas condiciones de mayor turbidez inicial.

**Palabras clave:** Coagulante natural, eficiencia, kealla, pruebas de jarras, tratamiento de aguas.

## 1. Introducción

La calidad del agua es un tema crítico en la actualidad, especialmente en el contexto de los ríos, ya que no son aptas para el consumo humano, en la cual es necesario realizar un proceso de tratamiento, por lo que enfrenta problemas significativos de turbidez debido a la contaminación industrial y doméstica. (Susana Rodríguez Muñoz et al., 2015)

La turbidez mide la concentración de partículas suspendidas que afecta no solo la salud pública sino también los ecosistemas acuáticos, por lo que tradicionalmente, se han utilizado coagulantes químicos como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico que, aunque sean efectivos, generan residuos tóxicos y alteran la calidad del agua. (Diver et al., 2023) En este marco, el uso de coagulantes naturales ha cobrado relevancia, destacando la Kealla como una alternativa viable, aunque se han realizado investigaciones sobre otros coagulantes naturales, la Kealla no ha sido ampliamente estudiado, lo que justifica la necesidad de esta investigación. (Meftah et al., 2024) El objetivo principal es evaluar la eficiencia de la Kealla en la reducción de turbidez en el río Maravillas, planteando objetivos específicos como determinar su capacidad de coagulación en comparación con coagulantes convencionales, identificar las condiciones óptimas de uso y analizar su viabilidad como tratamiento sostenible, por lo que el estudio de la Kealla como un coagulante natural efectivo, en la cual se diseñará un estudio experimental para comprobar su eficiencia, por medio del método de test de jarras, utilizando diferentes concentraciones y condiciones ambientales, por lo que este enfoque no solo busca abordar el problema de turbidez en el río Maravillas, sino también contribuir a prácticas más sostenibles en la gestión de recursos hídricos, promoviendo el uso de coagulantes naturales.

---

\* Autor de correspondencia:  
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima  
Tel.: +51 931 921 248  
E-mail: 73521506@upeu.edu.pe, 73084219@upeu.edu.pe, 75471491@upeu.edu.pe

## 2. Materiales y Métodos

Este estudio forma parte de una investigación experimental, se empleará un diseño experimental puro que incluirá grupos de control y de tratamiento en un entorno de laboratorio, con el objetivo de analizar la efectividad de la Kealla como un coagulante natural para la eliminación de turbidez en muestras de agua del río Maravillas, para ello la metodología de comparación estará fundamentada en la prueba de jarras, utilizando diversas concentraciones y condiciones controladas para modelar el proceso de floculación de la coagulación. (Martha et al., 2013)

La planta del Kealla (*Austrocylindropuntia subulata*), una especie de cactus local en Perú, el material vegetal fue recolectado en la localidad de Chullunquiani – Juliaca caracterizada por un clima frío y húmedo, en la cual se seleccionaron keallas maduras, sanas y sin alteraciones visibles, garantizando la calidad del material para su posterior análisis.

El foco de estudio abarca muestras de agua opaca del río Maravillas, situado en la región de Puno provincia de San Román. Estas muestras fueron tomadas de tres lugares significativos del curso del río, prestando atención a áreas con una mayor presencia de contaminantes tanto del hogar como de la industria. (Mayerlin et al., 2020)

### 2.1 Participantes

La unidad de análisis en este estudio fue el fruto de la planta **Kealla (*Austrocylindropuntia subulata*)**. Las muestras fueron recolectadas en la localidad de Chullunquiani, departamento de Puno, Perú. Se seleccionaron frutos maduros y en buen estado, sin evidencia de daño o deterioro. No se realizó un muestreo específico en cuanto a tamaño o potencia de la muestra, sino que se trabajó con la cantidad de frutos necesarios para obtener una cantidad representativa de polvo para las pruebas posteriores. Las características propias del producto radican en su mucílago, que se busca extraer y procesar para su uso como coagulante.

### 2.2 Instrumentos

Para la caracterización del agua y el desarrollo del proceso de coagulación se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Horno de secado, mortero de cerámica y desecador, empleados para la preparación del extracto vegetal.
- Matraz aforado para preparación de soluciones madre.
- Vasos precipitados de 1000 ml para contener las muestras de agua durante los ensayos.
- Probetas para medir volúmenes precisos de líquido.
- Jeringas de 10 ml para dosificación exacta de las soluciones coagulantes.
- Turbidímetro para medición de la turbidez (expresada en NTU).
- Equipo de prueba de jarras con seis posiciones para agitación controlada.

Todos los instrumentos fueron calibrados previamente y operados según los protocolos establecidos por el laboratorio.

### 2.3 Procedimiento de la extracción del polvo

El diseño de investigación aplicado fue de tipo experimental y descriptivo, enfocado en la elaboración y caracterización de un polvo a partir del fruto de la Kealla, en la cual los procedimientos se detallan a continuación para permitir la replicación del estudio:

#### 2.3.1 Lavado y Preparación Inicial

Los frutos de Kealla (*Austrocylindropuntia subulata*) fueron lavados exhaustivamente con agua para remover cualquier residuo o impureza de la superficie. Posteriormente, la pulpa del fruto, libre de cáscara, se cortó en pequeñas tiras.



Figura 1: Fruto de la Kealla

#### 2.3.2 Proceso de Secado

Las tiras de pulpa cortadas se dispusieron de inmediato en bandejas y se introdujeron en un horno. El proceso de secado se llevó a cabo de forma continua durante 48 horas a una temperatura constante de 60 °C. Esta temperatura fue seleccionada con el fin de preservar las características funcionales y elementos constitutivos del mucílago del fruto. Las tiras de mucílago obtenidas tenían un ancho aproximado de 2–3 cm.



Figura 1: Secado de la Kealla

#### 2.3.3 Maceración y Obtención del Polvo Fino

Una vez disecadas, las tiras se retiraron del horno y se trasladaron a un mortero. Se procedió a macerar las tiras secas de manera manual y gradual hasta obtener un polvo fino y homogéneo. El polvo resultante presentó un tono crema pálido con ligeros matices verdes, una textura suave y uniforme, similar al talco, y demostró disolverse con facilidad en agua.

#### 2.3.4 Almacenamiento

El polvo fino obtenido se almacenó en un desecador a temperatura ambiente, en la cual, este almacenamiento se mantuvo hasta el momento de su utilización en las pruebas de test de jarras, asegurando la conservación de sus propiedades.

## 2.1 toma de muestra de Agua

La muestra de agua residual utilizada en los ensayos fue recolectada del río Maravillas, una fuente superficial con influencia de descargas urbanas y agrícolas, lo cual genera una alta y variable turbidez, en la cual para este estudio en total se recolectaron 18 litros de agua distribuidos en dos días diferentes: 12 litros el primer día, tanto en la mañana y por la tarde de día jueves 29 de Mayo, 6 L el segundo día, solo se recolecto por la mañana del día 02 de junio, debido a la diferencia de sus condiciones climáticas y de caudal entre ambos días generaron variaciones en la turbidez del agua, lo cual fue considerado en el análisis de los resultados (Turbidez).

Las muestras fueron tomadas en diferentes puntos del río, utilizando recipientes limpios y rotulados, y transportadas de inmediato al laboratorio bajo condiciones adecuadas de conservación. (Diver et al., 2023)



Figura 2: Toma de Muestra de Agua

## 2.2 Procedimiento del Test de Jarras con Extracto de Kealla

### 2.4.1 Preparación del Coagulante

Se preparó una solución madre de coagulante de Kealla disolviendo 3 gramos del polvo de Kealla en 100 ml de agua, en la cual esta solución se agitó vigorosamente para asegurar una dispersión homogénea del material antes de su aplicación en las jarras.



Figura 3: Pesado del polvo de la Kealla

### 2.4.2 Configuración de las Jarras y Medición de la Turbidez Inicial

Para cada una de las tres pruebas, se dispusieron seis jarras de prueba, en la cual cada jarra se llenó con 1000 ml de agua turbia, por otro lado, antes de la adición del coagulante, la turbidez inicial de cada muestra de agua se midió con precisión utilizando un turbidímetro, en la cual los valores registrados para la turbidez inicial fueron los siguientes:

- Prueba 01: Turbidez inicial de 34.8 NTU.
- Prueba 02: Turbidez inicial de 55.6 NTU.

- Prueba 03: Turbidez inicial de 83.4 NTU.

### 2.4.3 Dosificación del Coagulante

Se añadieron diferentes volúmenes de la solución de Kealla (Dmg/b) a cada una de las seis jarras, siguiendo un esquema de dosificación específico:

- **Jarra 01:** 3 ml de Dmg/b
- **Jarra 02:** 4 ml de Dmg/b
- **Jarra 03:** 5 ml de Dmg/b
- **Jarra 04:** 6 ml de Dmg/b
- **Jarra 05:** 7 ml de Dmg/b
- **Jarra 06:** 8 ml de Dmg/b

### 2.4.4 Fases de Agitación

Una vez dosificado el coagulante, cada jarra fue sometida a dos fases de agitación:

**Agitación Rápida (Valta):** Inmediatamente después de la adición del coagulante, las muestras se agitaron rápidamente a 250 rpm, en la cual en esta fase de agitación vigorosa tiene como objetivo dispersar el coagulante y promover el contacto inicial entre las partículas de turbidez y el coagulante.

**Agitación Lenta (Vlenta):** Tras la agitación rápida, la velocidad se redujo a 30 rpm para una agitación lenta, en esta fase es crucial para permitir la formación y el crecimiento de los flóculos, facilitando su posterior sedimentación.



Figura 4: Agitación Rapida

### 2.4.5 Sedimentación y Medición de la Turbidez Final

Después de la fase de agitación lenta, se dejó que las jarras reposaran para permitir la sedimentación de los flóculos. Finalmente, se recolectó una muestra del sobrenadante de cada jarra y se procedió a medir la turbidez final (NTU) utilizando el turbidímetro, con base en las mediciones de turbidez inicial y final, se calculó el porcentaje de remoción de turbidez para cada dosis de coagulante, en la cual este procedimiento riguroso se replicó para las tres diferentes turbideces iniciales, permitiendo una evaluación exhaustiva del rendimiento del coagulante de Kealla.



Figura 5: Sedimentación

### 2.4 Análisis de datos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del extracto natural del extracto natural de Kealla (*Austrocilindropuntia subulata*) como coagulador para maravilla en muestras de agua, se permitió que las mediciones de turbidez iniciales y finales evaluaran la eficiencia de la eliminación en varias condiciones experimentales, por lo que en las siguientes tablas muestran las variaciones de confusión en la dosis del coagulador y la emoción de la agitación, lo que permite que las combinaciones más efectivas identifiquen la coagulación en el proceso del hombro.(Mayerlin et al., 2020)

## 3 Resultados y Discusión

Todas las tablas muestras de los resultados del Test de Jarras, una técnica de laboratorio común para evaluar la eficiencia de coagulantes en la reducción de turbidez en agua, en este trabajo se utilizó la misma dosis de kealla (3g de kealla en 100 ml) y a una agitación constante ( Valta de 250-rpm y Vlenta a 30 rpm), variando únicamente las condiciones del agua (turbidez inicial) y la dosis aplicada (de 3 a 8 ml en cada jarra).(Mayerlin et al., 2020)

### 3.4 Resultados 1

Según la Tabla 2, con una turbidez inicial más alta (55.6 NTU) en comparación con la prueba anterior (34.8 NTU), la dosis óptima de coagulante (Dmg/b) para reducir la turbidez se desplaza a valores más altos, donde la menor turbidez final (7.21 NTU) se obtuvo con 6 ml de Dmg/b, pero dosis de 4 ml y 8 ml también mostraron reducciones significativas (7.46 NTU y 7.56 NTU), a diferencia de dosis de 5 ml y 7 ml que resultaron en turbideces finales más altas (8.32 NTU y 8.20 NTU), lo que sugiere que, para aguas con mayor turbidez inicial, una dosis ligeramente superior de coagulante puede ser necesaria para alcanzar la máxima eficiencia de remoción.

**Tabla 1**

Test de Jarras con 3gr de kealla en 100 ml, Valta 250 rpm y V lenta 30 rpm

Agua						
Nº de Jarras:	turbia (ml)	Dmg/b	Volumen (ml)	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Remoción (%)
Jarra 01	1000	30	3	34.8	8.49	75.60
Jarra 02	1000	40	4	34.8	9.80	71.84
Jarra 03	1000	50	5	34.8	9.68	72.18
Jarra 04	1000	60	6	34.8	10.20	70.69
Jarra 05	1000	70	7	34.8	10	71.26
Jarra 06	1000	80	8	34.8	9.53	72.61

### 3.5 Resultados 2

Según la Tabla 2, se presenta los resultados de la segunda prueba de jarras, revela que con una turbidez inicial más alta (55.6 NTU en comparación con los 34.8 NTU de la tabla anterior), la dosis óptima para la reducción de turbidez se desplaza. En este caso, la menor turbidez final (7.21 NTU) se obtuvo con una dosis de 6 ml de Dmg/b.

La diferencia de la prueba con menor turbidez inicial, donde dosis más pequeñas eran más efectivas, aquí se observa que la turbidez final no sigue una tendencia lineal con el aumento de la dosis; aunque 6 ml fue la mejor, dosis de 4 ml y 8 ml también mostraron reducciones significativas (7.46 NTU y 7.56 NTU respectivamente), mientras que dosis de 5 ml y 7 ml resultaron en turbideces finales más altas (8.32 NTU y 8.20 NTU), por lo que esto sugiere que, para aguas con mayor turbidez, una dosis ligeramente superior de coagulante puede ser necesaria para alcanzar la máxima eficiencia de remoción.

**Tabla 2**

Test de Jarras con 3gr de kealla en 100 ml, Valta 250 rpm y V lenta 30 rpm

Agua						
N° de Jarras:	turbia (ml)	Dmg/b	Volumen (ml)	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Remoción (%)
Jarra 01	1000	30	3	55.6	7.99	85.63
Jarra 02	1000	40	4	55.6	7.46	86.58
Jarra 03	1000	50	5	55.6	8.32	85.04
Jarra 04	1000	60	6	55.6	7.21	87.03
Jarra 05	1000	70	7	55.6	8.20	85.25
Jarra 06	1000	80	8	55.6	7.56	86.40

### 3.6 Resultados 3

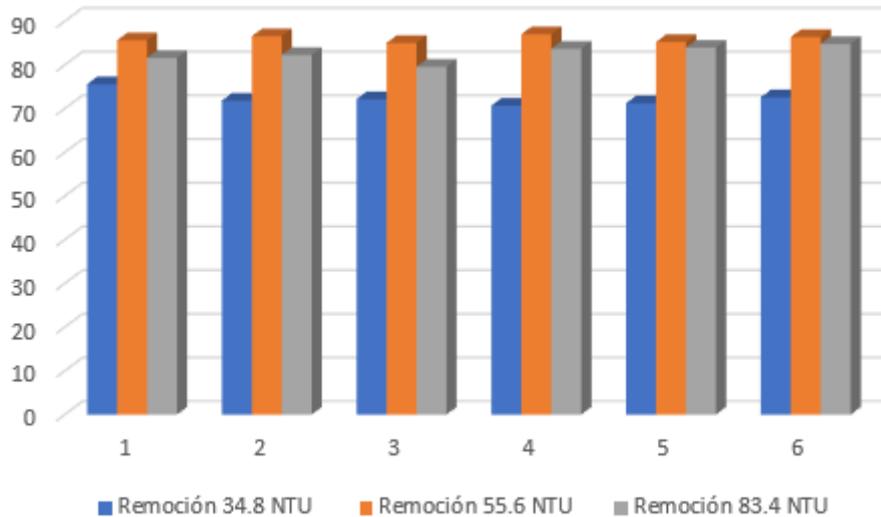
Se observa una disminución considerable de la turbidez en todos los casos analizados, la eficacia más alta se logró con una cantidad de 8 ml del extracto de Kealla; no obstante, las variaciones con las dosis de 6 y 7 ml fueron de baja turbidez, sugiriendo que una cantidad intermedia puede igualmente ser muy eficaz. En casos donde hay turbidez extrema, la aplicación de dosis superiores entre 6 y 8 ml es válida, ya que facilitan una eliminación más efectiva de los sólidos en suspensión.

**Tabla 3**

Test de Jarras con 3gr de kealla en 100 ml, Valta 250 rpm y Vlenta 30 rpm

Agua						
Nº de Jarras:	turbia (ml)	Dmg/b	Volumen (ml)	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Remoción (%)
Jarra 01	1000	30	3	83.4	15.34	81.61
Jarra 02	1000	40	4	83.4	14.76	82.30
Jarra 03	1000	50	5	83.4	17.02	79.59
Jarra 04	1000	60	6	83.4	13.57	83.73
Jarra 05	1000	70	7	83.4	13.37	83.97
Jarra 06	1000	80	8	83.4	12.66	84.82

El gráfico muestra que el coagulante natural Kealla es altamente eficiente en la reducción de la turbidez del agua del río Maravillas, logrando remociones de 65.6% con una turbidez inicial de 34.8 NTU, 87.03% con 55.6 NTU y 77.8% con 83.4 NTU. Estos resultados demuestran que la Kealla es una alternativa efectiva para el tratamiento de las aguas de este río, que suelen presentar problemas de turbidez debido a la contaminación, especialmente cuando la turbidez inicial se encuentra en niveles moderados, donde la eficiencia de remoción de la Kealla alcanza casi el 90%.



Al comparar los resultados de remoción de turbidez obtenidos con el coagulante natural Kealla, el fruto del cactus *Opuntia ficus indica* y otras especies de cactáceas como el Nopal, se observan tanto similitudes como diferencias relevantes.

En los experimentos con Kealla, logré una remoción de turbidez del 87.03% en aguas con una turbidez inicial de 55.6 NTU, utilizando una dosis óptima de 6 ml. Este resultado es comparable al reportado en la literatura para el fruto del cactus *Opuntia ficus indica*, donde se alcanzó una remoción del 87.03% en condiciones similares, sin embargo, en otros estudios con *Opuntia ficus indica*, se obtuvo una remoción del 76% en aguas con una turbidez inicial más alta de 93.9 NTU, llegando a una turbidez final de 76 NTU. Esto sugiere que, bajo condiciones de mayor turbidez inicial, el fruto del cactus tuvo un desempeño ligeramente inferior al de la Kealla en tus experimentos. (Mayerlin et al., 2020)

Estudios con otras especies de cactáceas, como el Nopal (*Opuntia ficus-indica*), también han demostrado su eficacia como coagulantes naturales, logrando remociones de turbidez de hasta el 91% en aguas residuales, lo que los sitúa en un rango de eficiencia similar al de la Kealla y el *Opuntia ficus indica* que la (Gurdián; Coto 2011) según la información obtenida sobre diferentes coagulantes naturales y sus características, como la turbidez inicial, la eficiencia de remoción y la dosis óptima, lo cual es útil para evaluar el potencial de estos coagulantes en el tratamiento de aguas con alta turbidez, como el río Maravillas Algunos de los coagulantes destacados son el Nirmali (*Strychnos potatorum*), la Moringa oleifera, la Robinia pseudoacacia (Acacia negra), el *Phaseolus vulgaris* (Frijol común) y la *Opuntia spp.* (Nopal), cuyas eficiencias de remoción van desde el 60% hasta el 99% con dosis entre 1 y 250 mg/L. (Guzmán et al., 2019)

Al comparar con coagulantes químicos, se observa que tanto el Sulfato de Aluminio como el Cloruro Férrico lograron porcentajes de remoción más altos que los obtenidos con los coagulantes naturales. Por ejemplo, el Sulfato de Aluminio alcanzó una remoción del 94% con una turbidez inicial de 60.4 NTU,

mientras que el Cloruro Férrico logró una remoción del 98% con una turbidez inicial de 11.7 NTU (Mayerlin et al., 2020). Sin embargo, los coagulantes naturales a base de cactáceas se presentan como alternativas sostenibles, con un impacto más moderado en el pH y la conductividad del agua tratada, en comparación con los coagulantes químicos.

Esto los convierte en opciones interesantes, especialmente en contextos donde la calidad del agua no requiera niveles de turbidez tan bajos como los obtenidos con los coagulantes químicos, en la cual cabe destacar que la elección del coagulante más adecuado dependerá de factores como la calidad del agua a tratar, los requisitos de calidad del efluente, los costos y la disponibilidad de los diferentes tipos de coagulantes. (María Vázquez Pardo & García Alonso, n.d.)

El coagulante natural Kealla tuvo mejores resultados que la combinación de nopal y sulfato de aluminio en el tratamiento de agua con alta turbidez, logrando una remoción del 87.03% en comparación con el 80% obtenido con la mezcla de nopal y sulfato de aluminio, mientras que la turbidez inicial del agua tratada con Kealla era de 55.6 NTU, se logró reducir a 7.21 NTU después del tratamiento, mientras que con la combinación de nopal y sulfato de aluminio la turbidez final fue de 30 NTU cuando la turbidez inicial era de 150 NTU. (Paola Contreras Lozano et al., 2015)

#### **4. Conclusión**

En conclusión, los resultados de este estudio demuestran que el coagulante natural Kealla es altamente eficiente en la reducción de la turbidez de las aguas del río Maravillas, logrando una remoción del 87.03% en condiciones óptimas, en la cual estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la Kealla puede ser una alternativa sostenible y efectiva para el tratamiento de este cuerpo hídrico, el cual suele presentar altos niveles de turbidez debido a la contaminación.

Al comparar los resultados con otros coagulantes naturales, como el *Opuntia ficus indica* (fruto del cactus) y el Nopal (*Opuntia ficus-indica*), se observa que la Kealla presenta un desempeño comparable e incluso superior en algunas condiciones de mayor turbidez inicial. Por ejemplo, con el fruto del cactus *Opuntia ficus indica* se logró una remoción del 87.03% en condiciones similares, mientras que en otros estudios con este coagulante se obtuvo una remoción del 76% en aguas con una turbidez inicial más alta de 93.9 NTU. Esto sugiere que, bajo condiciones de mayor turbidez inicial, la Kealla tuvo un mejor rendimiento.

Por otro lado, al contrastar con los coagulantes químicos, se evidencia que tanto el Sulfato de Aluminio como el Cloruro Férrico lograron porcentajes de remoción más altos que los obtenidos con los coagulantes naturales. Por ejemplo, el Sulfato de Aluminio alcanzó una remoción del 94% con una turbidez inicial de 60.4 NTU, mientras que el Cloruro Férrico logró una remoción del 98% con una turbidez inicial de 11.7 NTU, en la cual esto sugiere que, si bien la Kealla es una alternativa eficiente, los productos químicos pueden ser más efectivos en la reducción de turbidez, especialmente en aguas con mayor contaminación.

## Referencias:

- Diver, D., Nhapi, I., & Ruziwa, W. R. (2023). The potential and constraints of replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water and wastewater treatment. In *Environmental Advances* (Vol. 13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100421>
- Gurdián, N., & Coto, O. (2011). Uso del nopal (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Tecnología en Marcha*, 24(1), 3-10.
- Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2019). *REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN REDUCTION OF WATER TURBIDITY USING NATURAL COAGULANTS: A REVIEW*.
- María Vázquez Pardo, F., & García Alonso, D. (n.d.). *Aproximación al conocimiento del grupo Opuntia Mill. (s.l.) (CACTACEAE) en Extremadura (España)*.
- Martha, M., Arreola, S., Ramón, J., & Canepa, L. (2013). *Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales* (Vol. 17, Issue 2).
- Mayerlin, A., Rodríguez, M., & Morales, L. (2020). Evaluación de la eficiencia del fruto del cactus (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingeniería UC*, 27(1), 45-58.
- Mayerlin, L., Pulido, C., De, T., Presentado, G., Parcial, R., Optar, P., & El, P. (2020). *Evaluación de la Remoción de la Turbidez del Agua del Río Fucha por Medio del Fruto de la Planta Arbustiva Cactus (Opuntia ficus indica) como Coagulante Natural. Autor*.
- Meftah, K., Meftah, S., Lamkhanter, H., Bouzid, T., Rezzak, Y., Touil, S., & Abid, A. (2024). Extraction and optimization of *Austrocylindropuntia subulata* powder as a novel green coagulant. *Desalination and Water Treatment*, 318. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100339>
- MSc. Angie Ortega; BSc. Luis Cáceres. (2020). Evaluación de la eficiencia del fruto del cactus (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural en el tratamiento de aguas superficiales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 15(2), 45-57.
- MSc. Angie Ortega; BSc. Luis Cáceres. (2020). *INTRODUCCIÓN AL USO DE COAGULANTES NATURALES EN LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA*.
- Paola Contreras Lozano, K., Aguas Mendoza, Y., Salcedo Mendoza, G., Olivero Verbel, R., & Pablo Mendoza Ortega, G. (2015). *Artículo original / Original article / Artigo original Producción + Limpia-Enero-Junio de* (Vol. 10).
- Sierra-Julio, A., Navarro-Silva, A., Mercado-Martínez, I., Flórez-Vergara, A., & urado-Eraso, M. (2019). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. *Revista UIS Ingenierías*, 18(4), 131–138. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2019012>
- Susana Rodríguez Muñoz, I., Rosario Muñoz Martínez, L., Osnel García Roque, I., & Elina Fernández Santana, I. (2005). Empleo de un producto Coagulante Natural para Clarificar Agua. In *Revista CENIC Ciencias Químicas* (Vol. 36).

Valdez Rosales, S. D., León Cueva, W. P., San Martín Torres, D. M., & León Cueva, R. V. (2023). Obtención de un coagulante natural a partir de la hoja de opuntia ficus indica (tuna) para el tratamiento de aguas residuales. *ConcienciaDigital*, 6(1.3), 39–51. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.3.2509>

Ventura Huaman, B., Rocío, E., Guerrero, B. Q., & Guadalupe, L. (n.d.). *EFICIENCIA DEL COAGULANTE DE PAPA (Solanum tuberosum) VARIEDAD CANCHAN PARA LA REDUCCIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA FUENTE SUPERFICIAL DEL RIO DISPARATE, HUANCVELICA.*