

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL NOPAL
(Opuntia ficus-indica) PARA LA DISMINUCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL RÍO
CARRIZAL EN ÉPOCA LLUVIOSA**

Autor: Andrade Candell Joffre

Co Autor: Terán Sánchez Jorge

Co Autor: Delgado Villafuerte Ricardo

Co Autor: Fabián Peñarrieta Macías

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ

MANUEL FÉLIX LÓPEZ

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

RESUMEN: La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para la disminución de la turbidez del río Carrizal en época lluviosa. Extrayendo el mucílago, del cual se obtuvo una harina que fue utilizada para realizar disolución al 8%, por otra parte, el mismo mucílago fue utilizado para extracción de un polielectrolito con etanol al 96%. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres factores, para determinar la dosis más adecuada. La dosificación utilizada fue de 10, 20 y 40 ml. Las velocidades de agitación utilizadas dentro de esta investigación fueron de 20, 40 y 60 RPM. En total se generaron 18 tratamientos, utilizando al sulfato de aluminio como testigo. Los niveles obtenidos de turbidez en la muestra de agua tomada del cauce del río Carrizal fueron de 194 NTU. El comportamiento de la turbidez con la solución de harina de nopal, presentó su mejor eficiencia en el tratamiento 10 ml y 60 RPM, la cual fue de 78,89%. En cuanto a la eficiencia del polielectrolito se presentó en un rango de 86,2% y 99,67%, casi igualando al testigo (Sulfato de Aluminio), el cual obtuvo un 99,8%. Se recomienda promover el uso del coagulante natural de nopal, en forma de polielectrolito con una velocidad de agitación superior o igual a 60 RPM y una dosificación promedio de 10 ml/500 ml de muestra de agua.

PALABRAS CLAVE: Coagulante natural, nopal, mucílago de nopal, remoción de turbidez.

INTRODUCCIÓN: Olivero et al. (2017) mencionan que, el agua derivada de los ríos, arroyos, lagos, lagunas, manantiales entre otras fuentes, traen consigo una gran cantidad de impurezas como gases, residuos, microorganismos, etc, los cuales pueden afectar la salud humana. Gómez-Duarte (2018) indica que además de todas estas impurezas antes mencionadas también se puede encontrar bacterias, virus y parásitos, los cuales como partículas coloidales pueden incorporarse a otro tipo de cuerpo en suspensión. Por lo antes mencionado Lozano (2018) señala que, todas estas impurezas generan un incremento en la turbidez de las aguas.

Según Núñez (2017) la turbidez está ligada directamente a la cantidad de sólidos en suspensión y coloides presentes en un cuerpo hídrico. Ballesteros y Ñacato, (2020) mencionan que, el aumento de sólidos en suspensión en los ríos se debe a la problemática de la deforestación en las cuencas, ya que al no existir cobertura vegetal se facilita el transporte de sedimentos.

Aveiga et al. (2019); Barahona y Tapia (2010) señalan que, la costa de Ecuador presenta dificultades en la obtención de aguas para sistemas de agua potable, que cumplan con los criterios de calidad, cantidad, continuidad y costos razonables, estas dificultades son ocasionadas principalmente por la época invernal (enero-abril) (Pacheco, 2018), en donde la turbidez tiende a presentar niveles altos (>3000), ocasionando la paralización de las plantas de tratamientos de aguas (Empresa Pública Municipal Mancomunada de Agua Potable [EMMAP-EP], 2019).

En Manabí, es constante el aumento de la turbidez en los ríos en época lluviosa, en donde las aguas con un alto grado de turbidez no pueden entrar al proceso de potabilización (Macías, 2015).

En el ámbito local, el río Carrizal es la fuente de captación de la planta de tratamiento La Estancilla, sin embargo, este río en época lluviosa presenta niveles altos de turbidez, por lo que la empresa de agua potable paraliza sus maquinarias para evitar daños, lo cual genera inconvenientes en el abastecimiento de agua potable a la población de 5 cantones (Junín, Bolívar, Tosagua, Sucre y San Vicente) (EMMAP-EP, 2019), por otra parte, los niveles altos de turbidez son atribuidos a la deforestación de la cuenca (Rodríguez y Zambrano, 2017) y las actividades de las zonas ganaderas y agrícolas que se encuentran a lo largo de las orillas del río (EMMAP-EP, 2019).

Los coagulantes sintéticos utilizados para la disminución de la turbidez son compuestos inorgánicos basado en hierro y aluminio (sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico) (Contreras Lozano et al., 2015).

Según Ortiz (2020) existen numerosos estudios que reportan a los coagulantes naturales como de gran potencial para la clarificación del agua. Además, Cabrera

et al. (2017); Olivero et al. (2017) mencionan que la utilización de coagulantes naturales presenta ventajas como rentabilidad, baja probabilidad de afectar otros parámetros (pH, temperatura, etc) y son biodegradables.

Canaza y Mamani (2020) mencionan que entre los coagulantes más utilizados están *Caesalpinia spinosa* (tara), *Tamarindus indica* (tamarindo), *Aloe vera* (sábila), *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus-indica* (nopal o tuna). González et al. (2020) mencionan que, la eficiencia de género *Opuntia* como coagulante para la disminución de turbidez en aguas ha sido satisfactorio. Todo esto debido a que este género se caracteriza por producir hidrocoloide (mucílago), el cual retiene grandes cantidades de agua por medio de la formación de redes moleculares (Choque-Quispe et al., 2021)

Caceres y Castiblanco (2020) señalan que el coagulante obtenido de *Opuntia ficus-indica*, ha obtenido una eficiencia del 98% en la disminución de turbidez en el agua, valor similar al de la eficiencia de *Moringa oleífera*, el mismo que es otro de los coagulantes naturales más estudiados (Canaza y Mamani, 2020).

METODOLOGÍA: Para la realización de la presente investigación, se estableció los procedimientos descritos a continuación, los cuales estuvieron acordes con los objetivos propuestos.

RECOLECCIÓN DEL CLADODIO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*)

La recolección del cladodio de nopal se realizó en la ciudad de Ambato, en la provincia de Tungurahua. Según Loyo (2018) en Ecuador esta planta se encuentra cultivada en las zonas de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. En cuanto a la transportación, estos cladodios fueron colocados en una gaveta con tapa, cerrándola herméticamente.

OBTENCIÓN DE LA HARINA DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*)

Para llevar a cabo esta actividad se siguió la metodología aplicada por González et al. (2020), mismo que menciona que se debe tomar el tejido parenquimatoso y llevarlo a la estufa por 24 horas a un promedio de 60 a 65 °C. Transcurrido este tiempo se obtuvo un tejido deshidratado, el cual se llevó a un mortero para tritularlo y luego almacenarlo en un recipiente hermético. Finalmente, el desecado obtenido, se lo utilizó en una mezcla al 8% (m/v).

OBTENCIÓN DEL POLIELECTROLITO DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*)

Siguiendo la metodología de Puma (2020); Contreras et al. (2015) se extrajo el mucílago, para luego cortarlo en pedazos pequeños que fueron llevados a una licuadora doméstica, añadiendo agua destilada 1:2 (m/v). La mezcla obtenida fue

llevada a una estufa a 50 °C durante 1 hora. Una vez finalizado el proceso en la estufa se centrifugó la mezcla a 3500 RPM durante 10 minutos. Culminado el proceso de centrifugación el sedimento fue desechado y al sobrenadante se le agregó etanol 1:4 (v/v), para luego dejarlo reposar durante 24 horas en refrigeración a 5 °C para precipitar el mucílago.

TOMAS DE MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO CARRIZAL

Las muestras de aguas fueron tomadas en la parroquia Ángel Pedro Giler, río Carrizal cerca de la empresa EMMAP-EP. Estas muestras fueron tomadas según la metodología mencionada en la Norma INEN 2168:98, la cual indica que para turbidez se podrá conservar las muestras en recipientes plásticos por un tiempo máximo de 24 horas (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2015). Por otra parte, en cuanto al muestreo, según la Norma INEN 2176:13, recomienda tomar muestras puntuales si el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes (INEN, 2013).

APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE JARRA

Según la metodología de Fúquene y Yate (2018) la prueba de jarra, debe manejarse dentro de los siguientes lineamientos:

-) Iniciar la prueba de jarras, midiendo al agua a tratar (es decir sin tratar, tal cual como se tomó del río) la turbidez.
-) Colocar 500 ml de la muestra a trabajar en cada uno de los vasos de precipitación.
-) Programar la mezcla de forma rápida e intensa (± 100 RPM) aproximadamente por un minuto. Durante la agitación, se agregarán las diferentes dosis (tabla 3.1) correspondientes a cada tratamiento, al mismo tiempo.
-) A los 30 segundos de agitación, se regulará la rotación de las paletas a 20, 40 y 60 RPM según lo establecido en cada tratamiento y se dejará flocular durante 15 minutos.
-) Una vez transcurrido los 15 minutos, se encenderá la luz del equipo de jarras y se dejará reposar por al menos 10 minutos sin mezclar.
-) Al finalizar el tiempo de reposo, se observará el volumen de lodos generados y se extraerá una muestra de 20 ml de agua clarificada mediante la ayuda de una pipeta o una jeringa. Luego se realizará la medición de la turbidez.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

Se aplicó la siguiente fórmula a los tratamientos y sus repeticiones, para conocer su eficiencia.

$$\% E = \frac{T}{T} \frac{i}{i} - \frac{T}{i} \frac{f}{f} \times 100$$

DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS EN LOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS

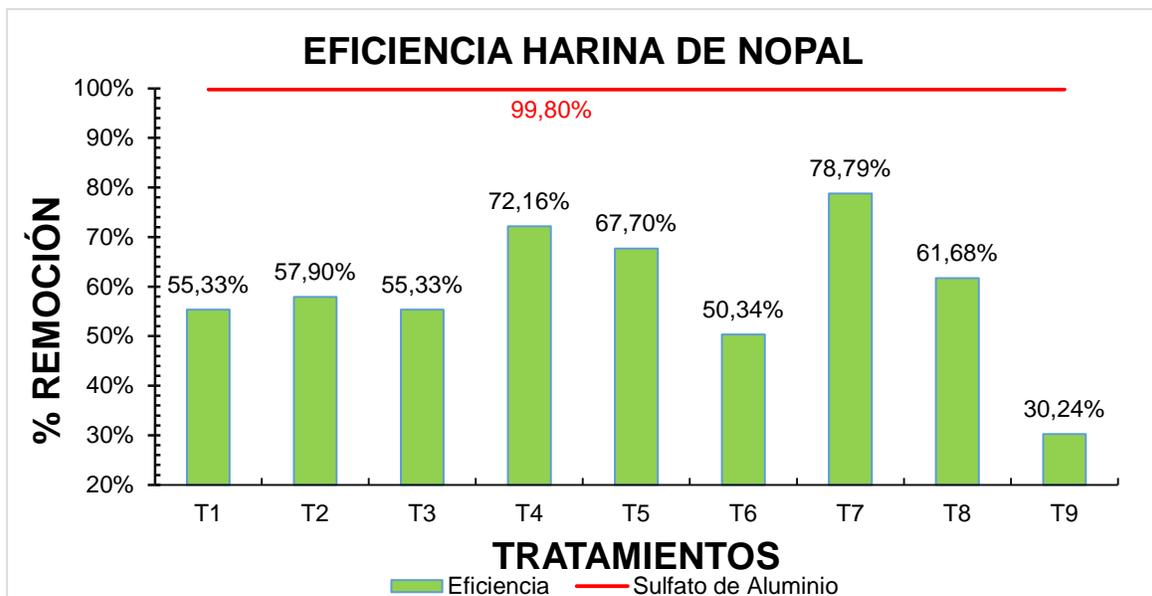
Después de obtener los resultados de cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, se tabularon los datos que se obtuvieron para procesarlos y determinar la significancia que existe entre el uso de la harina y el polielectrolito del mucílago del nopal en la disminución de la turbidez en el agua del río Carrizal. Además, se realizó el ANOVA de los datos de los factores y su interacción, constatando los supuestos del ANOVA, en donde se llevó a cabo la prueba de normalidad de datos mediante Kolmogórov-Smirnov y homogeneidad de varianzas – Test de Levene.

Análisis estadísticos:

-) Análisis de varianza.
-) Prueba de media, Tukey al 5% de probabilidad de error.

RESULTADOS.

Los niveles obtenidos de turbidez en la muestra de agua tomada del cauce del río Carrizal fueron de 194 NTU (Tabla 4.1). Posteriormente, para establecer la eficiencia del coagulante, se realizaron las pruebas de jarras. Durante la ejecución de las pruebas, se logró observar que, tanto en la harina como en el polielectrolito de mucílago de nopal, se generaron flóculos que fueron apreciables a simple vista.

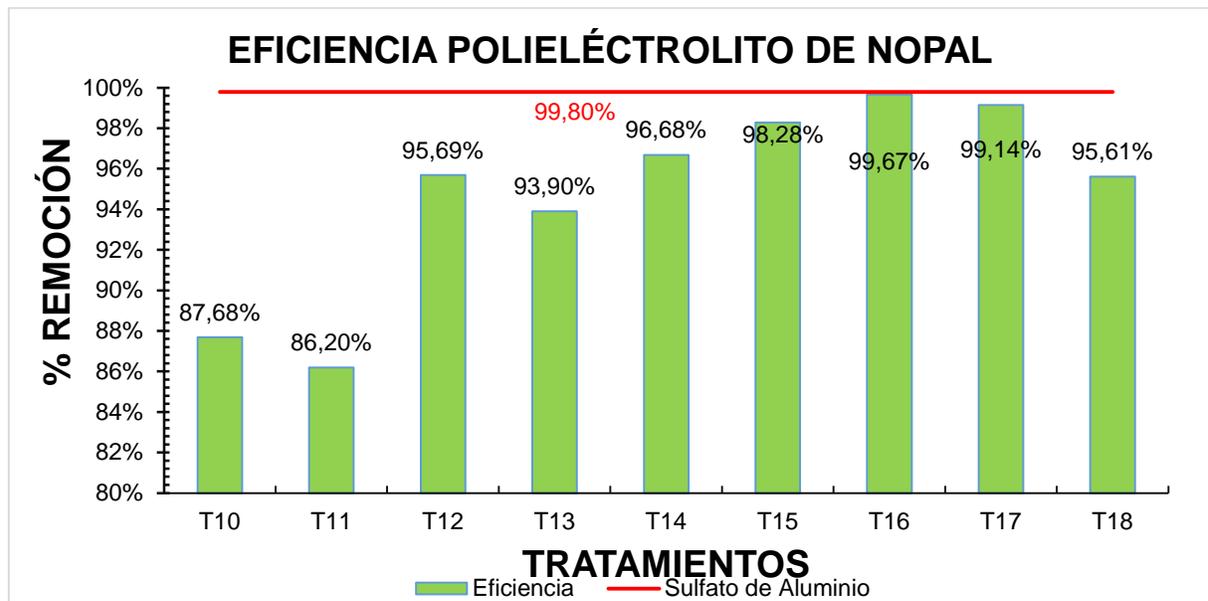


El comportamiento de la turbidez de acuerdo a los tratamientos planteados con la solución de harina de nopal, presentó su mejor eficiencia en el tratamiento T7 (10

ml y 60 RPM), la cual fue de 78,89%. Por otra parte, su menor valor obtenido fue de 30,24% el cual fue con el tratamiento T9 (40 ml y 60 RPM), tal como se muestra en el gráfico 4.1. En donde se observa, que el tratamiento con menor dosis (10 ml) y mayor agitación (60 RPM) presenta mejores resultados de remoción de turbidez. Sin embargo, todos los tratamientos se encuentran por debajo del valor de remoción obtenido de con sulfato de aluminio (99,8%).

Estos valores se asemejan a los valores encontrados por Nieto (2021), en su trabajo en donde obtiene valores entre 41,65% y 86,54%. Por otro lado, Silva (2017), en su investigación obtiene rangos de 78,7% y 88,9% de remoción, en aguas con valores de turbidez hasta con 500 NTU, aplicando el coagulante con una velocidad de entre 30 y 100 rpm.

Por otra parte, Acevedo y Huaman (2021) obtuvieron un 99,33% de remoción para niveles de turbidez en un rango de 1561 a 1568 NTU. Asimismo, Lozano (2018) quien aplicó el coagulante con una turbidez inicial de 55 NTU logró obtener una eficiencia del 82%. López (2018) quien también obtuvo un 82% de eficiencia en la remoción de la turbidez, González et al. (2020); López (2018) indican que, a diferentes condiciones de turbidez inicial, el coagulante de mucílago de nopal presenta diferencias en la remoción de la turbidez.



En el Gráfico anterior, se muestra cómo se comportaron los tratamientos en donde se aplicó polielectrolito de nopal, con dosificaciones de 10, 20 y 40 ml y velocidades de 20, 40 y 60 rpm. La eficiencia del polielectrolito se presentó en un rango de 86,2% (T11) y 99,67% (T16). En lo cual se puede observar, que la turbidez tiende a disminuir con mayor eficiencia al incrementar la velocidad de agitación.

Contreras et al., (2015) obtuvo valores que se aproximan a los obtenidos en esta investigación, en donde su eficiencia de remoción de turbidez fue del 96,98%. Por otra parte, Olivero et al. (2017) en su trabajo obtuvo un 90% de eficiencia en la aplicación del *Opuntia ficus-indica*, con una turbidez inicial de 462 NTU, en muestras del río Magdalena. Santisteban (2020) indica que, se puede obtener valores altos en la remoción de la turbidez, si la velocidad de agitación es mayor a 100 rpm, ya que, a velocidades bajas, el coagulante no realiza una correcta dispersión y estiramiento del polímero eficientemente, para comenzar con la coagulación.

Tabla 1. ANOVA % Remoción Turbidez.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	22717,267 ^a	17	1336,310	257,360	,000
Interceptación	318463,489	1	318463,489	61332,969	,000
Coagulante	17428,026	1	17428,026	3356,468	,000
Dosis	1016,854	2	508,427	97,918	,000
RPM	433,685	2	216,842	41,762	,000
Coagulante * Dosis	1676,345	2	838,173	161,424	,000
Coagulante * RPM	191,386	2	95,693	18,430	,000
Dosis * RPM	1468,263	4	367,066	70,693	,000
Coagulante * Dosis * RPM	502,708	4	125,677	24,204	,000
Error	186,925	36	5,192		
Total	341367,681	54			
Total corregido	22904,192	53			

Los resultados obtenidos referente al ANOVA, muestran que el nivel de significancia es $p < 0,05$, en todas las interacciones que se producen entre factores dentro de la investigación (Tabla 1). Lo cual nos indica que, a pesar de tener diferencias, los resultados no son estadísticamente significativos.

Tabla 2. Prueba Tukey Dosis (Subconjunto homogéneos)

HSD TUKEY				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
40 ml	18	70,9139		
20 ml	18		78,2172	
10 ml	18			81,2539

Sig.	1,000	1,000	1,000
------	-------	-------	-------

Tabla 3. Prueba Tukey Dosis (Comparaciones múltiples)

		HSD Tukey		
(I) Dosis		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
10 ml	20 ml	3,0367*	,75956	,001
	40 ml	10,3400*	,75956	,000
20 ml	10 ml	-3,0367*	,75956	,001
	40 ml	7,3033*	,75956	,000
40 ml	10 ml	-10,3400*	,75956	,000
	20 ml	-7,3033*	,75956	,000

Se observa en la tabla 2, que la dosis de 10 ml se presenta como la mejor dosis de aplicación (Prueba Tukey: Subconjunto homogéneos) dentro de la investigación. Sin embargo, en cuanto a la comparación múltiple de Tukey ($p < 0,05$) se observa en la tabla 3 que las dosis de 10, 20 y 40 ml no presentan significancia.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Prueba Tukey RPM (Subconjunto homogéneos)

		HSD TUKEY		
RPM	N	Subconjunto		
		1	2	3
20 RPM	18	73,0178		
40 RPM	18		77,5233	
60 RPM	18			79,8439
Sig.		1,000	1,000	1,000

Tabla 5. Prueba Tukey RPM (Comparaciones múltiples)

		HSD Tukey		
(I) RPM		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
20 RPM	40 RPM	-6,8261*	,75956	,000
	60 RPM	-4,5056*	,75956	,000
40 RPM	20 RPM	6,8261*	,75956	,000
	60 RPM	2,3206*	,75956	,011
60 RPM	20 RPM	4,5056*	,75956	,000

Tal como se presenta en la tabla 4, la velocidad de agitación 60 RPM presenta mayor efecto en la remoción de turbidez que las velocidades de 20 y 40 RPM. Por otra parte, en la tabla 5, se aprecia que no existe significancia ($p < 0,05$) entre las diferentes velocidades de agitación utilizadas en la investigación.

Los resultados que se han obtenido por medio del análisis de las variables sujetas en el estudio, se contrastan los datos con la hipótesis planteada, en donde se estableció que el polielectrolito producido a partir del nopal con una dosis de 40 ml y 60 RPM disminuiría la turbidez del agua del río Carrizal.

CONCLUSIONES

En el proceso de deshidratación para la obtención de la harina de nopal, se obtuvo una pérdida de peso del mucilago del 91% (humedad). Por otra parte, en cuanto a la obtención del polielectrolito se logró obtener 1000 ml, partiendo de 500 g de mucilago de nopal.

En cuanto a eficiencia del nopal como coagulante se pudo determinar que, la harina de nopal presentó su mayor resultado, para la remoción de turbidez del 78,79% aplicando 10 ml de harina diluida, con una velocidad de agitación de 60 RPM. Mientras que su menor resultado fue de 30,24%, en donde se aplicó 40 ml de solución y 60 RPM. Por otra parte, la aplicación del polielectrolito presentó mejores resultados en la remoción de la turbidez, obteniendo su mayor resultado (99,67%) al aplicar 10 ml con una velocidad de 60 RPM, mientras que, su menor resultados fue el de 86,2% en donde aplicó 20 ml y una velocidad de 20 RPM.

RECOMENDACIONES

Promover el uso del coagulante natural, extraído del mucílago del nopal como polielectrolito con velocidades de agitación superior o igual a 60 RPM y una dosificación promedio de 10ml/500 ml de muestra, para crear un enfoque sustentable y viable en la remoción de turbidez.

Aplicar este coagulante natural, para observar el efecto que puede generar en otros parámetros, tanto físicos (sólidos totales) como químicos (pH) y biológicos (microorganismos).

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, Y., & Huaman, H. (2021). "Eficiencia del coagulante de mucílago de nopal (*Opuntia ficus – indica*) en la remoción de la turbidez del río Ichu - Huancavelica - 2019" [Universidad Nacional De Huancavelica]. <https://civilica.com/doc/918591/>
- Achachi, R. D. (2018). El nopal como ingrediente de la cocina fusión: experiencia Ecuador [Universidad Técnica De Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29460>
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Cruz, R. (2018). Natural substances: Alternative for the treatment of magdalena river's water in palermo Colombia. *Informacion Tecnologica*, 29(3), 59–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>
- Aveiga, A. M., Noles, P., De La Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí TT - Variations of the water quality of the Carrizal River in Manabi. *Enfoque UTE*, 10(3), 30–41. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000300030&lang=es%0Ahttp://none/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00030.pdf
- Azabache, I. F., & Rodríguez, L. E. (2019). Efecto del proceso de coagulación floculación, con polielectrolitos naturales, en la remoción de la turbidez y el color, para el tratamiento de potabilización del agua de la quebrada Pucacaca, distrito de Soritor, Moyobamba 2016. http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3499/INF_INVEST.-2016-Yrwin-Francisco-Azabache-Liza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caceres, L. G., & Castiblanco, L. X. (2020). Evaluación de la opuntia ficus indica (cactus) como coagulante natural para el tratamiento de agua potable de la empresa emservilla en el Municipio de Ubaté. <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8103/1/6162947-2020-III-IQ.pdf>
- Canaza, G. J., & Mamani, Y. (2020). Revisión del uso de coagulantes naturales para remoción de turbidez de agua. Universidad Peruana Unión. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3334/Gabi_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1
- Carrasquero, S., Martínez, M. F., Castro, M. G., López, Y., Díaz, A., & Colina, G. (2019). Remoción de turbidez usando semilla de *Tamarindus indica* como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia*. e-ISSN 2588-0764, 4(1), 19. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i1.1424

- Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Pacheco-Ramos, B. S., & Reynoso-Solano, A. M. (2021). Capacidad Floculante De Coagulantes Naturales En El Tratamiento De Agua. *Conservação e Meio Ambiente*, 70–82. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5672127015>
- Díaz Aliaga, S. (2018). Remoción de turbidez de aguas superficiales mediante floculación. En *Universidad Privada del Norte*. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22046/Díaz Aliaga Stuart.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22046/Díaz%20Aliaga%20Stuart.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Flores, L. A., Lostado, R., & Corral, M. (2019). Uso del programa simapro para evaluar coagulantes naturales en el tratamiento de aguas. *Biotecnia*, 21(3), 108–113. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1039>
- González, Y. D. C., López, A., & Potella, G. (2020). Eficiencia de opuntia ficus indica (cruda y desecada) como coagulante para la clarificación de aguas. *Revista de Ingeniería Invención*, 2(2), 11–22. <https://doi.org/10.33996/rini.v2i2.167>
- López, M. (2018). Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas. 131. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3541>
- Turbidity on Efficiency of Conventional Drinking Water Treatment Processes). *Revista EIA*, 8(16), 137–148. <http://repository.eia.edu.co/revistas/index.php/reveia/article/view/438>
- Nieto Yanac, M. S. (2021). “Utilización de tuna (Opuntia ficus-indica) como coagulante orgánico en el tratamiento de aguas [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. [http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/5132/MAYTIE SHEYLA NIETO YANAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/5132/MAYTIE%20SHEYLA%20NIETO%20YANAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ortiz Carvajal, M. F. (2020). Evaluación de la cáscara de Plátano (AAB SIMMONDS) como coagulante natural para la clarificación de aguas. [https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/1276/1/Ortiz Carvajal Mario Fernando-2020.pdf](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/1276/1/Ortiz%20Carvajal%20Mario%20Fernando-2020.pdf)
- Pérez Servín, I. (2021). Caracterización de los principales componentes del nopal forrajero (Opuntia ficus-indica) deshidratado [Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6422/FQFB-M-2021-0751.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Puma Condori, Y. (2020). Evaluación del proceso de coagulación y floculación con mucilago de opuntia ficus indica como adyuvante del FeCl3 en efluentes de servicios de comida (Vol. 2017, Número 1) [Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Facultad De Ingenieria De Procesos Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental].

<http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/11237/IApucoy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez Sandoval, P. A., & Quintero Medellín, P. A. (2020). Análisis de la capacidad desinfectante y de remoción de turbidez de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en aguas del río Teusacá En La Vereda El Salitre, La Calera. En *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19223/Trabajo_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santisteban Tineo, E. N. (2020). Aplicación de *Opuntia ficus - indica* (Nopal) como coagulante natural para la biorremediación de aguas residuales: Revisión sistemática. En *Universidad César Vallejo*. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y