

Efficacy of natural coagulants in the treatment of domestic wastewater. A systematic review

Aleida Cristhel, Alcántara Llovera¹; Diego, Silva-Chuquipoma¹

¹Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, acalcantaraa@ucvvirtual.edu.pe,
dsilva@ucvvirtual.edu.pe

*Corresponding author: acalcantaraa@ucvvirtual.edu.pe

Abstract - The objective of this article was to describe the efficacy of natural coagulants, as well as to explain their removal power compared to aluminum sulfate and to identify the best natural coagulant for turbidity removal in domestic wastewater treatment; For this, a qualitative research design was followed, collecting 50 articles, using inclusion and exclusion criteria. As results, the natural coagulants showed a great efficiency in the reduction of turbidity, varying from 23.07% to 98.69%, likewise there is a similarity between the natural coagulants and aluminum sulfate, being the most advantageous and natural ones. at the same time, it was recognized that Moringa Oleifera is the most effective in removing turbidity. In Conclusion, natural coagulants reduce turbidity between 23.07% and 99.60%, in turn, natural coagulants and alum have a high similarity, with turbidity levels between 53.85% and 99.44%. and 70%. at 98.69%, finally, Moringa Oleifera, eliminates higher levels of turbidity, with values between 53.85% and 99%.

Keywords— Natural coagulants, coagulation, water treatment, clarification, turbidity.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Eficacia de los coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Una revisión sistemática

Aleida Cristhel, Alcántara Llovera¹; Diego, Silva-Chuquipoma¹

¹Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, acalcantaraa@ucvvirtual.edu.pe, dsilva@ucvvirtual.edu.pe

*Corresponding author: acalcantaraa@ucvvirtual.edu.pe

Resumen - El objetivo de este artículo fue describir la eficacia de los coagulantes naturales, así como explicar su poder de remoción en comparación con el sulfato de aluminio e identificar el mejor coagulante natural para la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas; Para ello, se siguió un diseño de investigación cualitativo, recolectando 50 artículos, utilizando criterios de inclusión y exclusión. Como resultados, los coagulantes naturales mostraron una gran eficiencia en la reducción de la turbidez, variando del 23,07% al 98,69%, así mismo existe similitud entre los coagulantes naturales y el sulfato de aluminio, siendo los más ventajosos y naturales. al mismo tiempo, se reconoció que la *Moringa Oleífera* es la más efectiva para eliminar la turbidez. En Conclusión, los coagulantes naturales reducen la turbidez entre 23,07% y 99,60%, a su vez, los coagulantes naturales y el alumbre presentan una alta similitud, con niveles de turbidez entre 53,85% y 99,44%. y 70%. al 98,69%, finalmente, *Moringa Oleífera*, elimina mayores niveles de turbidez, con valores entre 53,85% y 99%.

Palabras clave— Coagulantes naturales, coagulación, tratamiento de aguas, clarificación, turbidez.

I. INTRODUCCIÓN

Tras el avance del tiempo, la contaminación ambiental por aguas residuales domésticas ha ido aumentando significativamente, provocando que la calidad del agua se vea deteriorada, siendo necesaria la eliminación de contaminantes presentes en ella [1]. La coagulación es un proceso importante en la remoción de turbidez, materia orgánica, sólidos suspendidos, entre otros [2] estas aguas generalmente son tratadas por coagulantes químicos como el sulfato de aluminio (alumbre) y óxido de calcio (cal) [3] siendo el aluminio el más utilizado por su eficacia y disponibilidad, no obstante, trae consigo un gran impacto ambiental negativo, al no ser biodegradable aporta metales a los efluentes vertidos, formando lodos tóxicos; así también afecta a la salud con trastornos neuronales como el Alzheimer y Parkinson. Por lo tanto, utilizar productos y procesos más sostenibles al tratar las aguas residuales, reducirá los problemas generados. Los coagulantes naturales se obtienen generalmente de plantas, animales, microorganismos, polímeros orgánicos y polielectrolitos que, a su vez, pueden ser catiónicos, aniónicos y no iónicos [4, 5, 6] que, al añadirlos al agua, se obtienen proteínas solubles en agua, las cuales representan una carga que al unirse a los contaminantes (limo, arcilla, bacterias, sólidos, suspendidos, etc.) reaccionan produciendo la coagulación,

logrando que estos sedimenten, clarificando las aguas residuales [7]. Estos productos al ser naturales, no son tóxicos, todo lo contrario, son renovables, biodegradables y son amigables con el ambiente, siendo una alternativa más eficiente en el proceso de clarificación de aguas residuales, por la rapidez con la que remueven contaminantes y reducir los niveles de turbidez contribuyendo con el cuidado del recurso hídrico. [8][9].

[10] realizaron el estudio en el que se determinó el poder coagulante de las semillas de *Prunus persica* y *Vicia faba*, reduciendo la turbidez inicial de 245 NTU en un 89.07% y 93.13% respectivamente, demostrando su eficacia en la reducción de contaminantes en las aguas. Según [11], los coagulantes naturales (*Cactus Opuntia* y *Moringa Oleífera*) tienen una gran eficacia frente al sulfato de aluminio o alumbre, el alumbre logra reducir la turbidez de 28.4 a 2.4 UNT, representando un 91.5% de remoción, por su parte la *Moringa* redujo la turbidez a 3.2 UNT, logrando así la remoción de turbidez del 88.7% y el *Cactus*, redujo a 3 UNT, siendo un porcentaje de remoción de 89.4% del cual se evidencia la efectividad de los coagulantes en comparación con los productos químicos, así mismo, [12] afirma que el coagulante natural a base de polvo de semilla de *Cassia fistula*, reduce la turbidez inicial de 95 UNT en un 68.15% y una variación del color inicial en un 70%, a la vez reduce parámetros fisicoquímicos como DBO5 en un 70%, el 0.83% para DQO, sin afectar significativamente los valores de pH, sin aportar acidez al agua a diferencia de las sustancias químicas altamente corrosivas.

En el presente artículo se da a conocer la eficacia de los coagulantes de origen natural, en la remoción de contaminantes, sin afectar la calidad del agua, ni la salud, al contraer alguna enfermedad neuronal, es por ello que se planteó como objetivo general describir la eficacia de los coagulantes naturales en la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas y como objetivos específicos explicar el poder de remoción de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos en el tratamiento de aguas residuales domésticas e identificar el mejor coagulante natural en la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

II. METODOLOGÍA

Para la búsqueda de información se utilizaron palabras claves como: "natural coagulants or coagulation or water treatment or clarification or turbidity". Para ello se siguieron criterios de inclusión, revisando artículos científicos indexados a bases de datos confiables, en un rango de 2015 al 2022, en idioma inglés y español, excluyendo los que no cumplan con los criterios antes mencionados.

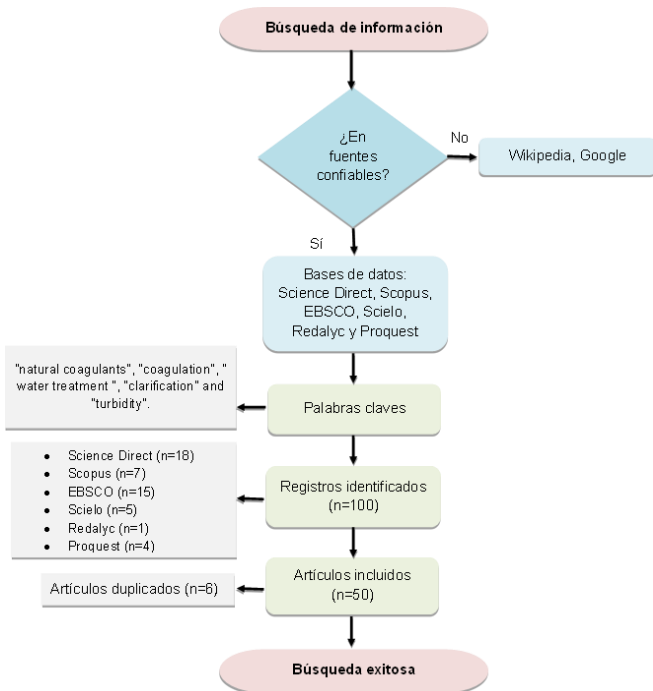


Fig 1. Flujo de obtención de la información.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la Tabla 1, se describió la eficacia de los coagulantes naturales en las aguas residuales domésticas, los cuales al derivar de especies vegetales brindaron grandes resultados en el tratamiento de aguas contaminadas. Los de mayor remoción de turbidez fueron las semillas de *Carica papaya*, el mucílago de café, las semillas de tamarindo, de Nirmali y de Moringa en un rango de 98.52% a 99.60%; por otro lado, los coagulantes con menor reducción de turbidez fueron el almidón de plátano, agua termal y abeto con un rango de 23.07% a 44.27%, siendo eficaces y no proporcionar ninguna afección a las propiedades fisicoquímicas del agua descontaminada.

[13] Las semillas *pronus persica* y de *persea americana* son eficaces en la reducción de altos niveles de turbidez, removiendo entre el 48.92% y 92.95%; de igual forma, [14] el extracto de semilla de *Carica papaya* alcanzó una remoción de turbiedad alrededor del 96.19%. Igualmente, [15] demostraron que las cáscaras de *C. nucifera* contienen excelentes propiedades coagulantes para la remoción de turbidez y SST de 76.4% y 94.8%, a su vez [16] la sebácea *Echinopsis pachanoi*, tuvo un porcentaje de remoción de turbidez entre el 48.6% y

99.3%, así mismo, [17] reconocieron que los productos naturales como el almidón de *Manihot esculenta* y semillas de Moringa, logran una remoción de turbidez de 93.4%; y [18] indicaron que la Zeolita reduce la turbidez hasta el 99.1%, de tal modo que, estas sustancias en un futuro pueden sustituir a los químicos utilizados, evitando los riesgos a la salud generados y la contaminación actual.

TABLA 1
Eficacia los coagulantes naturales en remoción de turbidez

Especie natural	Dosis	Turbidez (UNT)	Remoción turbidez	Autor
<i>Solanum tuberosum</i>	50 mg/l	200	99.6%	[19]
<i>Coffea arabica</i>	2.6 mg/l	520.90	99.04%	[20]
<i>Moringa Oleifera</i>	0.2 g/l	424	98.9%	[21]
Quitosano	400 mg/l	26.67	98.35%	[22]
<i>Moringa Oleifera</i>	5 mg L ⁻¹	25 ± 2	98%	[23]
Quitina	0.1 g/l	150	98.52%	[24]
<i>Maranta arundinacea</i>	0.2 g/l	150	97.5%	[24]
<i>Tamarindus indica</i>	50 mg/l	200	97.6%	[19]
<i>Carica papaya</i>	50 mg/l	500	97%	[25]
<i>Mangifera indica</i>	100 mg/l	75	97%	[26]
<i>Moringa Oleifera</i>	14.7 mg/l	22.4	94%	[27]
	50 mg/l	8.52	93.31%	[28]
<i>Solanum tuberosum</i>	50 mg/l	8.50	93.31%	[29]
<i>Vicia faba</i>	5 mg/l	245	93.13%	[10]
<i>Pronus persica</i>	16.02 mg/l	245	89.07%	[10]
Zeolita			91.98%	[30]
<i>Passiflora edulis</i>	1000 mg/l	26.67	91.5%	[30]
<i>Picea abies</i>	1442 - 2650 mg/l	25.2	90%	[31]
<i>Cereus jamacaru</i>	1 g/l	5	90%	[11]
<i>Cactus Opuntia</i>	55 mg/l	220 - 273.33	89.4%	[11]
	50 mg/l		88.7%	[11]
<i>Moringa Oleifera</i>	0.74 g/l	251.3	87 - 88.8%	[32]
<i>Pinus</i>	0.5 mg/l	67 - 75	82%	[33]
<i>Moringa oleifera</i>		50 - 100	90%	[34]
<i>Cactaceae</i>		150	80%	[34]
<i>Samanea saman</i>	5 - 200 mg/l			[34]
<i>Guazuma ulmifolia</i>		200		[34]
<i>Cicer aruetinum</i>			80.1%	[35]
<i>T. foenum - graecum</i>			79.6%	[35]
<i>Azadirachta indica</i>	666 mg/l	21.1	76.8%	[35]
<i>Lablab purpureus</i>			73.0%	[35]
<i>Citrullus lanatus</i>	7.5 mg/l	146	72%	[25]
<i>Aloe barbadensis</i>	25 g/l	186.8	72%	[36]
<i>Manihot esculenta</i>	20 mg/l	62	70%	[37]
<i>Cassia fistula</i>	160 mg/l	95	68.15%	[38]
<i>Stenocereus griseus</i>	1400 mg/l	29.57	67.24%	[39]
<i>Coffea</i>			64.29%	[40]
<i>Persea americana</i>	10 g/l	155	44.27%	[40]
<i>Eirchormia crassipes</i>			53.85%	[41]
<i>Strychnos potatorum</i>	5 - 8 mg/l	50 - 500	23.07%	[41]
<i>Persea americana</i>	5 gr/l	1302	48.92%	[42]
<i>Quercus robur</i>	1 - 0.5 mol/l	35	27 - 42%	[43]

A continuación, se presenta la Fig 2. donde se muestra la eficacia de los coagulantes naturales según la revisión.

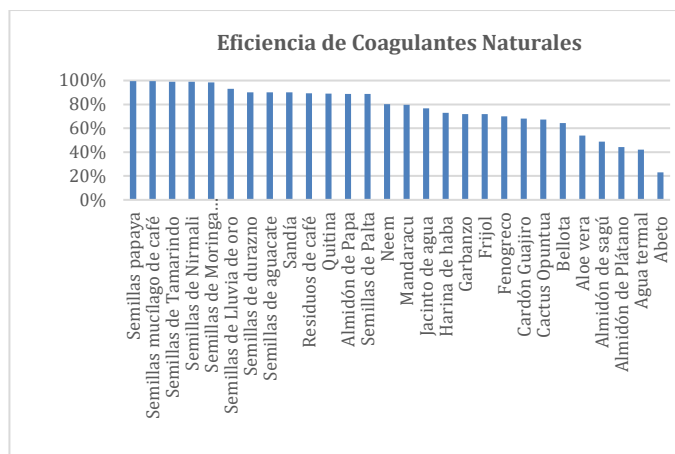


Fig. 2. Eficacia de los Coagulantes naturales en remoción de turbidez

A continuación, se muestra la Tabla 2. donde se logra diferenciar el poder de remoción de turbidez de los coagulantes naturales frente a los coagulantes químicos (Sulfato de aluminio) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, los coagulantes naturales que más se aproximaron en remoción de turbidez del sulfato de aluminio fueron: Los residuos de *Coffea arabica*, las semillas *Moringa oleifera*, las almohadillas de *Cactus opuntia*, *Trigonella foenum* y *Manihot esculenta*, con rango entre el 79.6% hasta el 99.94%, sin duda, estos productos tienen la capacidad de sustituir a los químicos convencionales en los futuros tratamientos.

TABLA 2

Comparación entre coagulantes naturales y sulfato de aluminio

% Remoción de turbidez Coagulante natural		% Remoción de turbidez Coagulante químico		Autor
<i>Coffea arabica</i>	99.94%	Sulfato de aluminio	98.69%	[20]
<i>Moringa Oleifera</i>	53.85%	Sulfato de aluminio	98.68%	[22]
<i>Musa paradisiaca</i>	67.57%	Sulfato de aluminio	97.65%	[41]
<i>Mangifera indica</i>	97.8%	Sulfato de aluminio	96.8 %	[27]
<i>Trigonella foenum</i>	79.6%	Sulfato de aluminio	95.3%	[35]
<i>Cicer arietinum</i>	80.1%			
<i>Azadirachta indica</i>	76.8%			
<i>Phaseolus vulgaris</i>	73.0%			
<i>Moringa Oleifera</i>	88.7%	Sulfato de aluminio	91.5 %	[44]
<i>Cactus Opuntia</i>	89.4%			
<i>Manihot esculenta</i>	71.06%	Sulfato de aluminio	70%	[37]

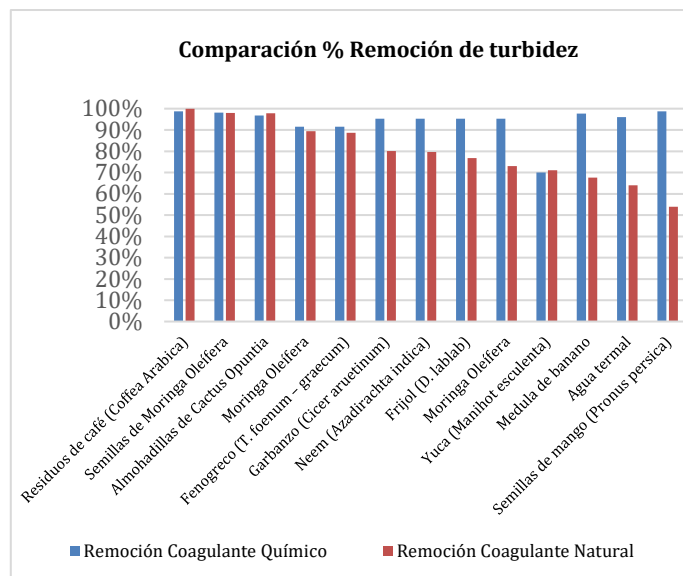


Fig. 3. Comparación entre coagulantes naturales y Sulfato de aluminio

De acuerdo a la Tabla y Figura anterior, según [24] afirmaron que los coagulantes naturales a base de almidón de sagú y quitina aportan porcentajes de remoción de turbidez semejantes al sulfato de aluminio, siendo el nivel de remoción (69,15%, 67,73% y 78.72%) respectivamente. Por otro lado, [45] coincidieron que los coagulantes naturales tienen un mayor poder de remoción de contaminantes que el sulfato de aluminio, es así que estas especies son un futuro reemplazo a los coagulantes químicos, al ser más sostenibles; al igual [9] reconocieron que los coagulantes naturales mejoran la calidad del agua, ya que, al ser amigables con el ambiente, contribuyen con el cuidado del recurso hídrico, siendo una mejor opción que los coagulantes químicos convencionales.

Según [30] coincidieron que el coagulante natural a base de almidón de yuca brinda mayores resultados con un 71.06% versus el 70% del sulfato de aluminio, lo mismo que [46] verificaron las ventajas de los coagulantes naturales, por sus diversas propiedades al eliminar contaminantes en el proceso de clarificación de aguas, a diferencia del aluminio el cual aporta tóxicos que son peligrosos para la salud, causando enfermedades como el Alzheimer. Evidentemente, los coagulantes naturales al ser extraídos de la naturaleza sin ningún proceso invasivo como la *Moringa oleifera* y diferentes tipos de cactus son una potencial alternativa que mejoran la calidad del agua removiendo partículas suspendidas y coloidales (turbidez), pudiendo reemplazar a los productos químicos industriales como el sulfato de aluminio, evitando así riesgos a la salud y al medio ambiente [47].

TABLA 3

Eficacia de la *Moringa Oleifera*

Dosis	Turbidez (UNT)	Remoción turbidez	Autor
0.2 g/L	424	98.9%	[21]
5 mg L-1	25 ± 2	98%	[23]
14.7 mg/l	22.4	94%	[27]
50 mg/l	8.52	93.31%	[28]
5 - 200 mg/l	50 – 100	90%	[34]
50 mg/l	220 – 273.33	88.7%	[11]
0.74 g/l	251.3	87 - 88.8%	[32]

De acuerdo a la Tabla 3, el mejor coagulante natural en la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas fue la *Moringa Oleifera*, esta destacó entre los demás coagulantes naturales con altos niveles de remoción de turbidez, esto por su variado aprovechamiento de todos sus componentes (semillas, hojas, tallos y aceite) así mismo fue el coagulante con mayor porcentaje de búsqueda, confirmándose que es una mejor opción en los futuros tratamientos de aguas residuales.

Dichos resultados coincidieron con los de [48] afirmando que la *Moringa Oleifera* gracias a su gran cantidad de compuestos en sus hojas como en sus semillas y aceites con proteínas catiónicas, representa gran utilidad en el tratamiento de aguas. [49]. Por otro lado, [50] constataron que las semillas de *Moringa* son eficaces, que alcanzan altos porcentajes de turbidez hasta el 92%, así como también, reducen el color aparente con un 66% y la carga bacteriana a 99%, del mismo modo, [51] confirmaron que la *Moringa oleifera* es eficaz para aguas residuales de alta turbidez con una eliminación de hasta el 86.78%, revelando que es una buena alternativa, que reduce la cantidad de producto y el tiempo requerido en cada tratamiento, al mismo tiempo, [52] mostraron que, con la aplicación de la dosis óptima, como es el caso de su investigación con (7500 mg/l) se reduce la turbidez y color en un 87% y 80% respectivamente, siendo una ventaja al mejorar las características del agua residual.

Para [53] el uso de *Moringa Oleifera* cumple los parámetros indicadores de calidad para lograr la reducción de contaminantes en el agua, la eficiencia del polielectrolito catiónico de la *Moringa*, remueve contaminantes en un menor tiempo, reduciendo los problemas ocasionados por los sedimentos de aluminio encontrados en los residuos de aguas contaminadas. [54] [55]. A su vez [56] las semillas de *Moringa Oleifera*, especialmente con cascarrilla, logra una mayor remoción de turbidez, eliminando un alto porcentaje en un 99%.

IV. CONCLUSIONES

Se describió a los coagulantes naturales y su eficacia en la remoción de turbidez en las aguas residuales domésticas, el cual reduce la turbidez entre el 23.07% y 99.60%, siendo una alternativa sostenible, que no aporta contaminantes a las aguas y no genera repercusiones a la salud.

Se explicó que los coagulantes naturales tienen un poder de remoción similar al sulfato de aluminio o alumbre, logrando disminuir niveles de turbidez en un rango de 53.85% hasta 99.44% y 70% a 98.69% respectivamente, estos productos naturales a diferencia de los químicos convencionales, no alteran o cambian drásticamente el pH inicial, ni incorporan toxicidad a las aguas, por lo contrario, reducen el lodo seco sedimentado en cada tratamiento hasta un 80%.

Se identificó que el coagulante natural que más destacó tanto por su eficacia en la remoción de turbidez, fue la *Moringa Oleifera*, especialmente sus semillas, las cuales son capaces de remover altos niveles de turbidez con valores entre el 53.85% al 99%.

REFERENCIAS

- [1] Ghimici, Luminita. Cationic polyelectrolyte induced separation of some inorganic contaminants and their mixture (zirconium silicate, kaolin, K-feldspar, zinc oxide) as well as of the paraffin oil from water. *Journal of Environmental Management*. [en línea]. Vol.169, marzo 2016. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.007> ISSN: 0301-4797.
- [2] Guzman, Luis, Taron Arnulfo, y Núñez Antonio. Polvo de la semilla *Cassia Fistula* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Rev.Bio. Agro* [en línea]. Vol. 13, n.º2. 2015. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)123-129](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)123-129) ISSN 1692-3561
- [3] Saritha V., Srinivas N., y Srikanth. N. Analysis and optimization of coagulation and flocculation process. *Applied Water Science* [en línea]. Vol.7, marzo 2017. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0262-y> DOI 10.1007/s13201-014-0262-y
- [4] Bondy Stephen. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration, *NeuroToxicology*. [en línea]. Vol. 52, 2016. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.002> ISSN: 0161-813x
- [5] Quintero, Javier, Murillo, Walter, y Ceron, Ivonne. Use of thermal mater as a natural coagulant for domestic wastewater sustainable treatment. *Fac.Rev. Eng.* [en línea]. Vol. 26, n.º44, 2017. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01211129.v26.n44.2017.5770> ISSN: 0121-1129
- [6] Saleem, Mussarat, y Bachmann, Robert. A contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea]. Vol.72, 2019. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.12.029> ISSN: 1226-086X

- [7] Pereira, Franciele, Serrão, Vania, Bergamasco, Rosângela, Ribau, Margarida. The use of Moringa oleifera as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. Vol.313, 2017. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>
ISSN: 1385-8947
- [8] Ang, Wei, y Mohammad, Abdul. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. Vol.262, 2020. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>
ISSN: 0959-6526
- [9] Ortega, Angie, Cáceres, Luis, y Castiblanco, Laura. Introducción al uso de coagulantes naturales en los procesos de potabilización del agua. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*. [en línea]. Vol.11, n°2, 2020. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.4444>
ISSN: 1900-9178
- [10] Moreira, Jacquelin, y Moreira, Carlos. Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (*Vicia faba*) y durazno (*Prunus persica*) en la potabilización del agua. *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* [en línea]. Vol.9, n°1, 2022. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/2618
ISSN: 2313-7819
- [11] Santos, Joicy, y Vieira, Maslândia, Use of mandacaru (*Cereus jamacaru*) as a natural coagulant for water treatment; *Periodico Tche Química* [en línea] Vol. 16, n°31, 2019. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.52571/PTQ.v16.n31.2019.33>
ISSN: 1806-0374
- [12] Taron, Arnulfo, Guzman, Luis, y Barros Israel. Evaluación de la fistula de *Cassia* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquía* [en línea]. 2017, vol.21, n°1. [Fecha de consulta: 24 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.396>
ISSN: 0121-3709.
- [13] Barbarán, Hellen, López, Jhanny, y Chico, Julio. Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*prunus persica*) y palta (*persea americana*). *Sagasteguiana* [en línea]. Vol. 5, n°1, 2017. [Fecha de consulta: 1 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2611>
ISSN: 2309-5644
- [14] Yimer, Anwar, y Dame, Bayisa. Papaya seed extract as coagulant for potable water treatment in the case of Tulte River for the community of Yekuset district, Ethiopia. *Environmental Challenges* [en línea]. Vol. 4, 2021. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100198>
ISSN:2667-0100
- [15] Marín Darío, y Arriolas Josefina. Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucifera*) a nivel de laboratorio. *Revista ION* [en línea]. Vol. 33, n.º2, 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>
ISSN: 0120-100X
- [16] Choque, David, Choque Yudith, Solano, Aydeé, y Ramos, Betsy S. Ramos. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas. *RTQ* [en línea]. 2021, vol. 38, n.2 [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n2/rtq08218.pdf>
ISSN 2224-6185
- [17] Rianos, Katerine, Meza, Maria, y Mercado, Iván. Clarificación del agua de un humedal usando una mezcla de coagulantes naturales. *Dyna rev.fac.nac.minas* [en línea]. Vol. 86, n.º209, Setiembre 2019. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.73687>
ISSN: 0012-7353
- [18] Onen, V., Beyazyuz, P., and Yel, E. Removal of Turbidity from Travertine Processing Wastewaters by Coagulants, Flocculants and Natural Materials. *Mine Water & the Environment* [en línea]. Vol.37, n°3, 2018. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6976/1/3131769-2018-II-GC.pdf>
DOI: 10.1007/s10230-017-0499-4.
- [19] Carrasquero, Sedolfo, Montiel, Stefany, Faría, Emily, Parra, Paola, Marin, Julio, y Díaz, Altamira. Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*sonalum tuberosum*) y plátano (*musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Basicas* [en línea], Vol.13, n°2, 2017. [Fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1941>
ISSN: 1900-4699
- [20] Cuesta, Diana, Extraction of Polyphenols from Unripened Coffee (*Coffea Arabica*) Residues and Use as a Natural Coagulant for Removing Turbidity, Processes [en línea]. Vol. 10, n°6, 2022, [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr10061105>
ISSN= 2227-9717
- [21] Castillo Marcial, y Avendaño Egdardo. Efecto de las semillas de moringa (moringa oleifera lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río Sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. Vol. 86, n.º1, enero-marzo 2020. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.272>
ISSN: 1810-634X
- [22] Jagaba. A, Kutty. S, Latiff. A, Aziz. N, Umary. I, Ghaleb.S, Abubakar. S, Lawal. I, and Nasara. M. Sustainable use of Natural and Chemical Coagulants for Contaminants Removal from Palm Oil mill Effluent: A Comparative Analysis. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. Vol.11, n°4, 2020. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.01.018>
ISSN: 2090-4479
- [23] Ribeiro Joao, Andrade Priscila, and Dos Reis Adriano, *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant to treat low-turbidity water by in-line filtration. *Revista Ambiente e Água* [en línea]. Vol. 14, n.º6, 2019. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2442>
ISSN: 1980-993X
- [24] Vara, Saritha, Manoj, Kumar, and Bhavya, Kavitha, “Exploring natural coagulants as impending alternatives towards sustainable water clarification” – A comparative studies of natural coagulants with alum, *Journal of Water Process Engineering*. [en línea] Vol.32, 2019. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100982>
ISSN 2214-7144
- [25] Amran, Amir, Muhammad, Bahrodin, Nur, Zaidi, Khalida Muda, Azmi Aris, Noor Umor, Mohd Mohd, and Achmad Syafuiddin Turbid water treatment using deshelled carica papaya seed: Analysis via factorial design. *Biointerface Research in Applied Chemistry* [en línea]. Vol.12, n°6, 2022. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/BRIAC126.77877795>
ISSN: 2069-5837
- [26] Martínez, Ute, Marquina, Carlos, Carrasquero, Sedolfo, Martínez, Moisés, Rodríguez, Carlos, y Morris, Anne. El Extracto de Semillas de Mango (*Mangifera indica* L) como Coagulante Natural en la Potabilización de Aguas. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.227>
ISSN: 2414-6390
- [27] Murali, Akshay, Hillstead Kyle, Wrobel, Brendan, Thomas, Daniel, Gonety Romuald, and Tarabara, Volodymyr. *Moringa oleifera*-derived coagulants for water treatment: Floc structure, residual organics, and performance trade-offs. *Environmental science and pollution research international* [en línea]. Vol. 29, n.º16, febrero de 2022. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19071-8>

- [28] Campos Sheyla, y Collachagua Sally. Eficiencia de la *Moringa Oleifera* como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal Municipal Ninacaca – Pasco – Perú. Universidad Peruana Unión; Repositorio Institucional – UPEU. [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 18 de mayo]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3119>
- [29] Caso Gabriela, et al. Application of *Solanum tuberosum* (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology [en línea]. Julio 2021. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.653> ISSN: 24146390
- [30] Lopes, Gustavo, Carraro, Alisson, y Fonseca, Cristina. Rendimiento de coagulantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas residuales lácteas mediante flotación por aire disuelto. Revista de ingeniería de procesos de agua [en línea]. Vol.37, 2020. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101453> ISSN 2214-7144
- [31] Bello, Adedayo, Virtanen, Virtanen, Juha-Pekka, Salminen, and Tiina Leiviskä. Aminomethylation of spruce tannins and their application as coagulants for water clarification. Sep Purif Technol [en línea], Vol.242, 2020. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116765> ISSN 1383-5866
- [32] Mejía, P., et al. Evaluación de la *Moringa Oleifera* en el tratamiento de aguas con alta turbidez y carga orgánica. Ingeniería del Agua, [en línea]. Vol.12, n.º2, 2020. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12274> ISSN: 1134-2196
- [33] Hussain, Sajid, Ghouri, Awais, and Ahmad, Ashfaq, Pine cone extract as natural coagulant for purification of turbid water, Heliyon [en línea]. Vol. 5, n.º.3, 2019. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01420> ISSN: 2405-8440
- [34] Feria, Jhon, y Rodiño Johana. Tratamiento de agua cruda con extractos coagulantes naturales. Universidad Santo Tomás [en línea], 2021. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.01864>
- [35] Manikandan. P, Rajkumar, K, Indhiradevi, P, Dhivya, S., and Aravindraj. R. Surface Water Pollution Study for Chinnandipalayam Lake, Tirupur and Remedial Measure by Wastewater Treatment. Materials Science and Engineering; Bristol [en línea]. n.º.1, 2021. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1145/1/012014> ISSN: 1757-8981
- [36] Benalia, A, Derbal, K, Khalfouli, A, Bouchareb, R, Panico, A, Gisonni, C, Crispino, G, Pirozzi, F and Pizzi, A. Use of Aloe vera as an Organic Coagulant for Improving Drinking Water Quality, Water [en línea]. Vol.13, 2021. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13152024>
- [37] Padilla, Kevin, Pimienta Gisella, y Mercado Iván. Evaluación de la mezcla de un coagulante químico-natural en el proceso de clarificación de una ciénaga. Revista UIS Ingenierías [en línea]. Vol. 19, n.º.3, 2020. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias
- [38] Taron, Arnulfo, Guzman, Luis, y Barros Israel. Evaluación de la fistula de Cassia como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. Orinoquía [en línea]. 2017, vol.21, n.º.1. [Fecha de consulta: 24 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.396> ISSN: 0121-3709.
- [39] Dunoyer, Arnulfo, Cuello, Rafael, y Castillo, Fredy. Use of natural mucilage extracted from the *Stenocereus griseus* (Cardón guajiro) plant as a coagulant in the treatment of domestic wastewater. Revista Ambiente e Agua [en línea]. Vol. 16, n.º.3, 2020. [Fecha de consulta: 4 de setiembre del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2705> ISSN: 1980-993X
- [40] Barreto, Sebastian, Vargas, Diana, Ruiz, Lida, y Gómez, Sandra. Evaluación De Coagulantes Naturales en La Clarificación De Aguas. Revista de Investigación Agraria y Ambiental [en línea]. Vol.11, n.º.1, 2020. [Fecha de consulta: 5 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.3081> ISSN: 2145-6453
- [41] Prabhakaran. G., Manikandan. M., and Boopathi, M. Treatment of textile effluents by using natural coagulants. Materials Today: Proceedings [en línea]. Vol.33, Part 7, 2020. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.029> ISSN: 2214-7853
- [42] Barbarán, Hellen, López, Jhanny, y Chico, Julio. Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*prunus persica*) y palta (*persea americana*). Sagasteguiana [en línea]. Vol. 5, n.º.1, 2017. [Fecha de consulta: 1 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unitrue.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2611> ISSN: 2309-5644
- [43] Mirjana, Antov, Sciban, Marina, Prodanovic, Jelena, Kukic, Dragana, Vasic, Vesna, Dorvenic, Tatjana, and Milosevic, Maja. Common oak (*Quercus robur*) acorn as a source of natural coagulants for water turbidity removal. Industrial Crops and Products [en línea]. Vol.117, 2018. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.022> ISSN: 0926-6690
- [44] Gandiwa, B, Moyo, L, Ncube, S, Mamvura, T, Mguni, L, and Hlabangana, N. Optimization of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (*Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alum* blend). South African Journal of Chemical Engineering. [en línea], Vol. 34, 2020. [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2020.07.005> ISSN:1026-9185
- [45] Pardo, Sebastián, Vargas, Diana, Ruiz, Lida, y Gomez, Sandra. Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. Revista De Investigación Agraria y Ambiental [en línea]. Vol. 11, n.º.1, 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.3081> ISSN: 2145-6453
- [46] Servando, León, Cervantes, Carlos, Pérez, Diana, y García, Iván. Coagulantes vegetales como alternativa para el tratamiento de aguas residuales en México. Journal of Negative and No Positive Results [en línea] Vol.2, n.º12, 2017. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.jonnpr.com/PDF/1650.pdf> DOI: 10.19230/jonnpr.1650
- [47] Ramírez, Arcila, y Jaramillo, Jhoan. Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Hildebrando Revista Facultad de ciencias básicas. [en línea]. Vol.11, n.º.2, 2015. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303> ISSN 1900-4699.
- [48] Linares, Claudia, Quiñones, Janet, Pérez, Aurora, Carvajal, Carol, Rivas, Maribel, Cid, Geeisy, Pérez, Lianny, González, Susett, y Capdesuñer, Yanelis. Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. Biotecnología Vegetal [en línea]. Vol. 18, n.º.1, 2022. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=132912660&lang=es&site=ehost-live> ISSN: 1609-1841
- [49] Villaseñor, Déborah. Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review, Journal of Water Process Engineering [en línea]. Vol. 23, 2018. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.017>
ISSN: 2214-7144

[50] Vega, Priscila, Ferreira, Carolina, Carvalho, Maria, Koga, Cristiane, and Gonçalves, Adriano. Use of *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation, *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. Vol.40, 2021. [Fecha de consulta: 18 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>
ISSN 2214-7144

[51] Belbali, Abdelhek, Benghalem, Abderrezak, Gouttal, Khadidja, and Taleb, Safia. Coagulation of turbid wastewater with an active component extracted from *Moringa oleifera* seeds. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* [en línea], [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1995725>
ISSN: 0306-7319

[52] Arias, Arnol, Hernandez, José, Castro Andrés, y Sanchez Nazly. Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la *M. oleifera* como coagulante natural. *Rev. Bio. Agro* [en Línea]. Vol.15, 2017. [Fecha de consulta: 13 de setiembre de 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(EdiciónEspecial\)29-39](https://doi.org/10.18684/BSAA(EdiciónEspecial)29-39).
ISSN 1692-3561

[53] Rondón, Maylin, Diaz, Yosvany, Rodriguez, Susana, Guerra, Beatriz, Fernandez, y Elina, Tabio, Peligro. Empleo de semillas de *Moringa oleifera* en el tratamiento de residuales líquidos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. [en línea]. Vol. 38, n.º2, 2017. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=d1ce1fd0-97a0-4681-83a9-a89083072dad%40redis>
ISSN: 1680-0338

[54] Moreno, Arintzy, Álvarez, Gustavo, Orozco, María, y Reyes, María. Tratamiento primario de aguas almacenadas en estanques rústicos mediante la aplicación de coagulantes químicos y biológicos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [en línea], Vol.8, n.º.2, 2021. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2734>
ISSN: 2007-9028

[55] Vivas Holanda, Calderón, José, Mendoza, Laura y Cedeño, José. Remoción de contaminantes en aguas residuales mediante el polielectrolito catiónico extraído de las semillas de *Moringa oleifera*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea]. Vol. 43, n.º.2, 2022. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c3619b78-e9c1-4542-a9c1-c30912152f3b%40redis>
ISSN: 1680-0338

[56] Lopes, Gustavo, Veloso, Francinete, and Barbosa, Suelaine. Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento. *Revista Ambiente & Água*. [en línea]. Vol. 10, n.º2, abril – junio 2022. [Fecha de consulta: 23 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1439>
ISSN: 1980-993X