

# Uso de extractos del tallo de pitahaya (*hylocereus megalanthus*) en el tratamiento de aguas residuales sanitarias.

Luiggii Ricardo Vera Rodríguez <sup>a\*</sup>, Diego Germán Segovia Cedeño <sup>b</sup>, Julio Castro Carranza <sup>c</sup>, Alex Alberto Dueñas-Rivadeneira <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Maestría en Ingeniería Química. Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí.

<sup>b</sup> Departamento de Producción Animal. Facultad Ciencias Zootécnicas. Universidad Técnica de Manabí

<sup>c</sup> Maestría en Ingeniería Química. Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí.

<sup>d</sup> Departamento de Procesos Agroindustriales. Facultad Ciencias Zootécnicas. Universidad Técnica de Manabí

*Use of the dragon fruit (Hylocereus megalanthus) stems extracts in the treatment of sanitary wastewater.*

*Ús d'extractes de la talla de pitahaya (hylocereus megalanthus) en el tractament d'aigües residuals sanitàries.*

RECEIVED: 6 DECEMBER 2021; ACCEPTED: 13 DECEMBER 2022 ; DOI: <https://doi.org/10.55815/413326>

## ABSTRACT

Water quality is a growing concern worldwide considering the increase in anthropogenic pollution. Natural coagulation processes are presented as an attractive alternative for the treatment of urban and industrial wastewater, due to the coagulating capacity of various plant materials. So, this research seeks to evaluate the coagulating activity of the extracts (aqueous and ethanolic) obtained from the pitahaya stem and increase in water quality parameters that these provide in the treatment in sanitary wastewater. The experimental process was performed in a jug test according to the experimental design of two factors (A: extract type; B: extract concentration) using aluminum sulfate as a reference coagulant. After the, we proceeded to measure the response variables using standardized analytical techniques and from the collected values we proceeded to analyze statistically using STATGRAPHICS Centurion XVI software. The coagulating effect of the extracts obtained from the fresh stem of yellow pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) was evidenced, thus achieving the reduction of Turbidity, Conductivity, Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids. The extracts (ethanolic and aqueous) of *Hylocereus megalanthus* showed effects that show their potential as coagulants for the treatment of sanitary wastewater.

**Keywords:** biocoagulant, wastewater, turbidity, pitahaya stem.

## RESUMEN

La calidad del agua es una preocupación creciente a nivel mundial considerando el incremento de contaminación antropogénica. Los procesos de coagulación natural se presentan como una alternativa atractiva para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales, debido a la capacidad coagulante de diversos materiales vegetales. Por lo que la presente investigación busca evaluar la actividad coagulante de los extractos (acuosos y etanólico) obtenidos a partir del tallo de pitahaya e incremento de parámetros de calidad de agua que estos proporcionan en el tratamiento en aguas residuales sanitarias.

El proceso experimental se realizó en un test de jarras de acuerdo al diseño experimental de dos factores (A: tipo de extracto; B: concentración de extractos) utilizando sulfato de aluminio como coagulante de referencia. Posterior a lo mencionado se procedió a medir las variables de respuesta mediante técnicas analíticas estandarizadas y a partir de los valores recolectados se procedió a analizar estadísticamente mediante el uso del software STATGRAPHICS Centurion XVI. Se evidenció el efecto coagulante de los extractos obtenidos a partir del tallo fresco de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) logrando así la reducción de Turbidez, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Sólidos Totales Suspendidos. Los extractos (etanólico y acuoso) de *Hylocereus megalanthus* presentaron efectos que



\*Corresponding author: [lvera87@hotmail.com](mailto:lvera87@hotmail.com)

evidencian su potencial como coagulantes para el tratamiento de aguas residuales sanitarias.

**Palabras claves:** biocoagulante, aguas residuales sanitarias, turbidez, tallo de pitahaya.

## RESUM:

Abstract La qualitat de l'aigua és una preocupació creixent a nivell mundial considerant l'increment de contaminació antropogènica. Els processos de coagulació natural es presenten com a alternativa atractiva per al tractament d'aigües residuals urbanes i industrials, a causa de la capacitat coagulant de diversos materials vegetals. Per això aquesta recerca busca avaluar l'activitat coagulant dels extractes (aquosos i etanolic) obtinguts a partir de la tija de pitahaia i increment de paràmetres de qualitat d'aigua que aquests proporcionen en el tractament en aigües residuals sanitàries.

El procés experimental es va fer en un test de gerres d'acord amb el disseny experimental de dos factors (A: tipus d'extracte; B: concentració d'extractes) utilitzant sulfat d'alumini com a coagulant de referència. Posterior a allò esmentat es va procedir a mesurar les variables de resposta mitjançant tècniques analítiques estandarditzades a partir dels valors recollits es va procedir a analitzar estadísticament mitjançant l'ús del programari STATGRAPHICS Centurion XVI. Es va evidenciar l'efecte coagulant dels extractes obtinguts a partir de la tija fresca de pitahaia groga (*Hylocereus megalanthus*) aconseguint així la reducció de l'aparença tèrbola, conductivitat, sòlids totals dissolts i sòlids totals suspesos. Els extractes (etanòlic i aquós) de *Hylocereus megalanthus* van presentar efectes que evidencien el seu potencial com a coagulants per al tractament d'aigües residuals sanitàries.

**Paraules clau:** biocoagulant, aigües residuals sanitàries, terbolesa, tija de pitahaia

## INTRODUCTION

La calidad del agua es una preocupación creciente a nivel mundial<sup>1</sup>. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza del incremento de la contaminación que viven las diferentes poblaciones, el uso de los combustibles fósiles, los desechos domésticos e industriales que el mismo hombre arroja sin control alguno a tenido como consecuencia de gran alcance para la salud el daño directo a los órganos y sistemas del ser humano<sup>2</sup>. Asegurar la salubridad de las aguas para uso recreativo y otros, podría salvar muchas vidas, teniendo beneficios directos e indirectos muy importantes, que van desde la perspectiva microeconómica de las familias a las perspectivas macroeconómicas de las economías nacionales.<sup>3</sup>

Los recursos hídricos del planeta están sometidos a contaminación física, química y/o biológica. El avance de las actividades humanas (industria, agricultura,

ganadería, entre otras), el crecimiento demográfico, el desarrollo de las ciudades, la falta de medidas y programas para dar respuestas a dichos cambios genera un ambiente que favorece el avance de la contaminación. Debido a esto las medidas que se deben tomar para descontaminar los efluentes debe ser cada vez más urgente, siendo necesaria la búsqueda de nuevas alternativas basadas en investigaciones sobre diferentes sistemas de tratamiento de aguas, que faciliten una mejor calidad y una protección adecuada de los recursos hídricos.<sup>4</sup>

Para la selección de un programa químico de tratamientos de aguas residuales y lograr una coagulación y floculación efectiva es fundamental una comprensión de cómo los coloides interactúan individualmente.<sup>5</sup> Algunos países que se encuentran en vía de desarrollo, han decidido realizar algunos cambios en referencia a los tratamientos convencionales, con la finalidad de mejorar la turbidez del agua. De ellas una alternativa viable es la utilización de extractos naturales de plantas para el proceso de clarificación<sup>6</sup>. En los últimos años se han estudiado y aplicado coagulantes naturales que presentan grandes ventajas, entre ellas son biodegradables, se encuentran a bajo costo y ambientalmente son favorables con el medio.<sup>7,8</sup>

Las materias primas para la obtención de extractos naturales más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales, tenemos: semillas, almidones, gomas e inclusive cáscaras y tallos de algunas especies vegetales que han sido evaluadas<sup>9</sup> tales como: *Moringa oleífera*<sup>10, 11</sup>, *Acacia mearnsii*<sup>12</sup>, *Opuntia ficus*<sup>13</sup>, *Echinopsis pachanoi* y *Neoraimondia arequipensis*<sup>14</sup>, *Cassia fistula*<sup>15</sup>, *Ipomea incarnata*<sup>7</sup>, *Tamarindos indica*<sup>16</sup> entre otros. El objetivo del presente trabajo se centra en evaluar la actividad coagulante de los extractos (acuoso y etanólico) obtenidos a partir del tallo de pitahaya y el incremento de parámetros de calidad de agua que estos proporcionan en el tratamiento en aguas residuales sanitarias, y a través de los análisis fisicoquímicos realizados durante la investigación, definir el extracto más eficiente de acuerdo a las normas para descargas de efluentes, que permitirían en un trabajo futuro continuar con una aplicación práctica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de los extractos de pitahaya.

El material vegetal (*Hylocereus megalanthus*) utilizado fue recolectado en la provincia de Manabí, cantón Chone, sitio Vainillas. Se obtuvieron dos tipos de extractos a partir de los tallos frescos de pitahaya previamente seleccionados, lavados y cortados. El extracto etanólico fue obtenido por el método de Soxhlet con una relación de material-solvente de 1:10 p/v utilizando etanol al 96% durante 3 horas para luego filtrarlo con papel filtro MN-615 y para el extracto acuoso se licuó el material con agua en relación 1:10 p/v a 18000 rpm durante 5 minutos para luego tamizarlo. Los extractos fueron reservados en frascos ámbar y conservados a 8°C.

## Fuente del efluente residual sanitario

Las aguas residuales sanitarias se recogieron en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Portoviejo, Ecuador, encargada de receptor las aguas residuales que genera esta ciudad. El muestreo se realizó según la Norma Técnica NTE INEN 2169:2013<sup>17</sup>.

## Corrida experimental, Test de Jarras.

El proceso experimental se realizó en un Test de Jarras, el cual es un método convencional para ensayar los efectos de la coagulación-floculación de un determinado efluente, mediante la utilización de un equipo de agitación mecánica<sup>18</sup>. Para el presente experimento se utilizó un test de Jarras PB-900 (Phipps & Bird, USA), se ajustó el pH de las muestras de agua a un rango entre 6,5 y 7 mediante el uso de hidróxido de sodio o ácido clorhídrico, según corresponda. Los experimentos se realizaron por triplicado; los factores estudiados son tipo de extracto (etanólico y acuoso) y concentración de extracto (0, 25, 50, 100, 150, 200 y 250 mg L<sup>-1</sup> de efluente); también se utilizó un coagulante de referencia (Sulfato de aluminio). Se agregó 1 L de agua en cada contenedor del equipo, posterior a esto se dosificaron las cantidades correspondientes para conseguir las concentraciones establecidas en el diseño experimental. El equipo se programó para una mezcla rápida durante 3 minutos a 150 rpm y una mezcla lenta durante 25 minutos a 60 rpm.

## Determinación de parámetros (turbidez, sólidos totales disueltos y suspendidos y conductividad)

La turbidez se determinó utilizando un Turbidímetro (HACH 2100AN); la determinación de la conductividad y los sólidos totales disueltos se realizaron mediante la utilización del conductímetro (WTW-Inolab Cond7110), la determinación de los sólidos suspendidos totales se realizó mediante la utilización del programa de medición de SST del Espectrofotómetro HACH DR 2800, se procedió a la medición de este parámetro utilizando como “cero” agua destilada a una absorbancia de 810 nm, los métodos instrumentales mencionados se realizaron según los procedimientos descritos en el “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”<sup>19</sup>.

## Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software STATGRAPHICS Centurion XVI, apoyado de Origin Lab 2019 para la graficación. Se utilizó el análisis para determinar el efecto de las variaciones de la dosis de los coagulantes desarrollados frente al índice de reducción de la turbidez, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, conductividad y oxígeno disuelto; mediante un análisis de varianza para determinar la dosis y el extracto que presentan los mejores resultados de eliminación de los parámetros enumerados.

**Tabla 1:** Resultados de los parámetros evaluados

Tipo de tratamiento	Concentraciones (mg/L)	IRT* (%)	TDS* (mg/L)	TSS* (mg/L)	Conductividad* (µs/cm)
Extracto Acuoso (material fresco)	0	0	1495 ± 1	333,7 ± 0,6	1509,3 ± 0,6
	25	35,6 ± 1,3	1486,7 ± 1,5	214,7 ± 0,6	1501 ± 0
	50	36,4 ± 1,7	1485 ± 1	208,33 ± 0,6	1500,3 ± 0,6
	100	38,7 ± 0,7	1483,3 ± 0,6	209 ± 1,7	1498,7 ± 0,6
	150	38,1 ± 0,5	1483,3 ± 0,6	207,3 ± 0,6	1497,7 ± 0,6
	200	42,6 ± 0,4	1483 ± 1	168,3 ± 0,6	1497,3 ± 0,6
	250	44,3 ± 1,2	1483 ± 1	168,7 ± 0,6	1497 ± 1,
Extracto etanólico (material seco)	0	0	1482,67 ± 0,58	334,3 ± 0,6	1497,3 ± 0,6
	25	37 ± 0,41	1455,33 ± 0,58	232 ± 1,73	1471 ± 1
	50	37,1 ± 0,4	1447,7 ± 0,6	231,7 ± 0,6	1459 ± 1,7
	100	39,9 ± 0,3	1421,3 ± 0,6	225,3 ± 0,6	1435 ± 1,7
	150	44,6 ± 0,4	1394,3 ± 1,1	213,3 ± 3,1	1407 ± 1,7
	200	50,8 ± 0,2	1383,3 ± 1,1	198,3 ± 0,6	1397,3 ± 1,2
	250	53,3 ± 0,7	1366,7 ± 0,6	192 ± 1	1378,3 ± 1,5
Sulfato de aluminio	0	0	1485,7 ± 0,6	288,7 ± 1,5	1500 ± 0
	25	75,7 ± 0,6	1531 ± 1,7	71,7 ± 1,5	1543,3 ± 2,9
	50	93,6 ± 0,2	1563,3 ± 4	38,3 ± 1,1	1586 ± 2,9
	100	83,1 ± 0,4	1661,7 ± 1,2	26 ± 1,7	1678 ± 1
	150	82 ± 1	1861,3 ± 0,6	53,67 ± 0,6	1880,3 ± 1,2
	200	73,7 ± 0,5	2114,3 ± 0,6	89 ± 1	2080,3 ± 0,6
	250	68,3 ± 0,2	2667 ± 1	111,3 ± 0,6	2331,3 ± 1,5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de los análisis de los parámetros.

Los valores referentes a la evaluación de los parámetros establecidos como variables de respuesta se presentan a continuación en la Tabla 1. Donde se puede observar la influencia de los extractos de pitahaya y la concentración de estos comparadas con el coagulante de referencia (sulfato de aluminio).

IRT: Índice de reducción de turbidez; TDS: Sólidos totales disueltos; TSS: Sólidos Totales Suspendidos; \* Promedio  $\pm$  Desviación estándar.

### Efecto del tipo de extracto y concentración del coagulante en la reducción de parámetros de contaminación.

#### Remoción de turbidez

Se puede observar en la Figura 1 el efecto de la inclusión de los extractos a diferentes concentraciones sobre la turbidez del efluente residual, donde se puede observar la disminución de la turbidez en todos los procesos. Como se puede apreciar en el caso de los extractos el aumento

de la concentración tiene una influencia directa en la disminución de la turbidez, sin embargo los valores de disminución de esta distan en una considerable proporción en comparación al coagulante de referencia (sulfato de aluminio) ya que este logra un porcentaje de remoción de 93,63% cuando la concentración de este coagulante corresponde a los 50 mg/L. El resultado que denota la mayor remoción de turbidez entre los coagulantes formulados es el correspondiente al extracto etanólico logrando una remoción de turbidez del  $53,33 \pm 0,74$  % a una concentración de 250 mg/L. Estadísticamente, el tipo de extracto utilizado para la eliminación de la turbidez tiene un efecto significativo sobre el incremento del IRT con un valor-P menor que 0,05. De la misma forma la concentración de los extractos mostró un efecto estadísticamente significativo con un valor-P menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95% para ambos casos.

Los resultados de índice de remoción de la turbidez se asemejan a los obtenidos por Chóez y Vargas 20 en donde obtuvieron IRT de 58,75 % en agua superficial, utilizando pulverizado de pulpa de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) aunque es necesario mencionar que la concentración utilizada para dicho

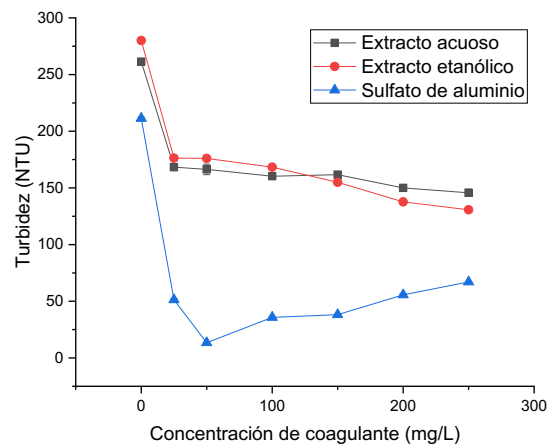
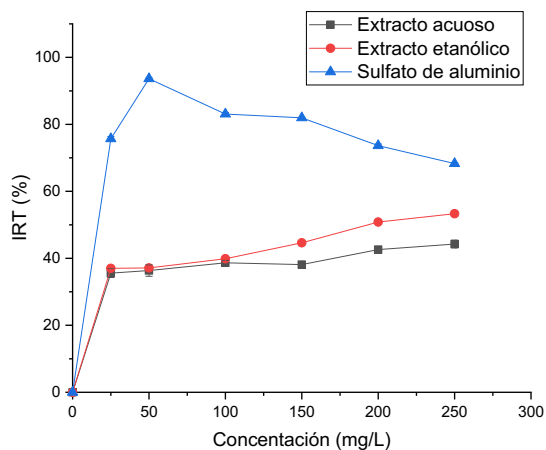


Figura 1. Efecto de las concentraciones y tipos de extractos sobre la turbidez

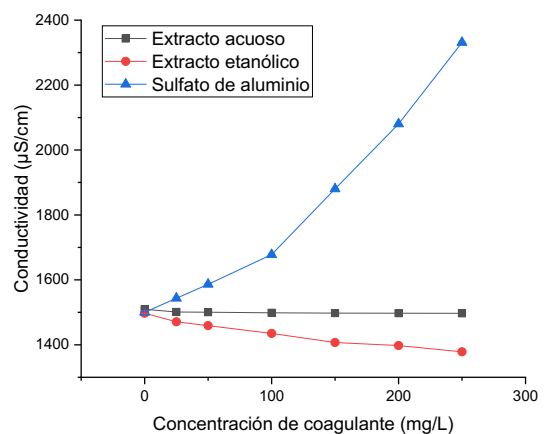
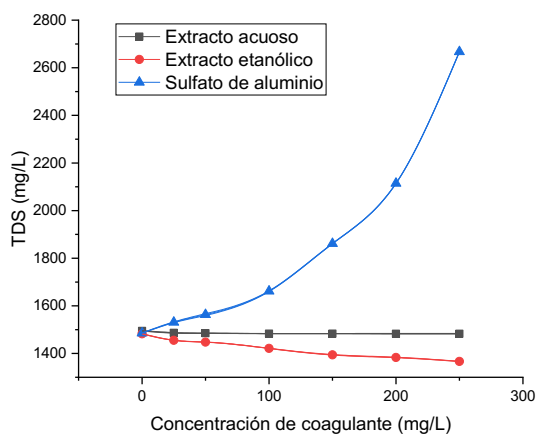


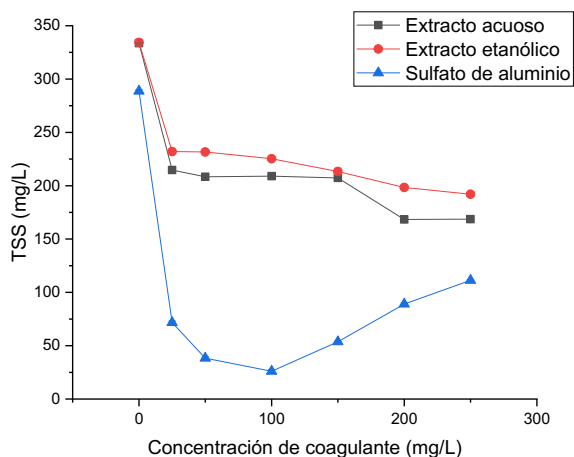
Figura 2. Efecto de las concentraciones y tipos de extractos sobre los TDS y conductividad

valor de remoción corresponde a 25 mg/L con una disminución del porcentaje de remoción conforme aumentaba la concentración del coagulante. Por otra parte, los resultados obtenidos en el presente estudio presentaron mejores rendimientos comparados en el estudio de Mendoza et al. 21 en donde extracto acuoso de los tallos frescos de otra especie de pitahaya (*Hylocereus lemairei*) para el proceso de coagulación-floculación de agua sintética de turbidez de 70 NTU lograron un valor de remoción de turbidez de 37,76% con una concentración de 1090 mg/L.

#### Remoción de Sólidos (TDS, TSS) y conductividad.

Respecto a la remoción de los TSS, TDS y conductividad, según el tipo de coagulante utilizado los resultados revelaron una notable eficiencia en la remoción de los sólidos suspendidos (TSS) para los extractos naturales, donde a pesar de que la sustancia de referencia presentó una marcada diferencia en la remoción de este parámetro con un 90,97 % de remoción a una concentración de 100 mg/L, también mostró un notable incremento de los Sólidos totales disueltos (TDS) y Conductividad, debido a las propiedades físico-químicas del sulfato de aluminio 22 como se puede observar en la Figura 2.

Así tenemos que el extracto acuoso presentó valores de 49,55% de remoción de TSS a una concentración de 250 mg/L frente a un porcentaje de remoción de TSS de 42,57 % para el extracto etanólico al mismo valor de concentración, como se puede observar en la Figura 3. De acuerdo con el Análisis de Varianza tenemos una diferencia estadísticamente significativa entre el tipo de coagulante y las concentraciones de estos frente a la remoción de TSS con un valor-P menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, es necesario mencionar que a pesar de que los valores de remoción de TDS y conductividad no presentaron un efecto notable para los tratamientos con los extractos de pitahaya, estos presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos teniendo así un porcentaje de remoción de TDS y conductividad de 0,78% para el extracto acuoso frente a un 7,8% del extracto etanólico como se puede observar en la Figura 2.



**Figura 3.** Efecto de las concentraciones y tipos de extractos sobre los TSS

Los resultados obtenidos respecto a la remoción de sólidos suspendidos de los extractos (acuoso y etanólico) de tallos de pitahaya muestran ser superiores a los obtenidos por Syed Ismail et al. 23 en donde utilizaron cascara de la fruta de *Hylocereus undatus* y *Hylocereus polyrhizus* logrando obtener porcentajes de remoción de TSS del 36% para *Hylocereus undatus* y del 23 % para *Hylocereus polyrhizus*. Respecto a la remoción de TDS el biocoagulante mencionado mostró valores superiores a los del presente estudio.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar el efecto coagulante de los extractos acuoso y etanólico del tallo de pitahaya, ya que estos consiguieron a una concentración de 250 mg/L índices de remoción de turbidez de  $44,26 \pm 1,16$  % y  $53,33 \pm 0,74$  % respectivamente.

Respecto a la remoción de Sólidos Totales Disueltos y Conductividad, los extractos evaluados presentaron efectos estadísticamente significativos, teniendo así que el extracto etanólico presentó los mejores valores de remoción de TDS, siendo importante destacar que en este parámetro los extractos de tallo de pitahaya lograron superar el efecto del coagulante de referencia (sulfato de aluminio).

Para la remoción de los Sólidos Totales Suspendidos el extracto acuoso presentó mejores efectos de remoción.

#### REFERENCIAS

- Ramírez, R., & Jaramillo, J. "Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua". *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 2015, Vol. 11, Núm. 2, 136-153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- Grijalva, A., Jiménez, M., & Ponce, H. "Contaminación del agua y aire por agentes químicos". *RECIMUNDO*, 2020 Vol. 4, Núm. 4, 79-93. <https://doi.org/10.26820/recimundo/4.4>. octubre.2020.79-93
- Roa, L. A., & Vargas, B. P. "La salud del ser humano y su armonía con el ambiente". *Revista Med*, 2016, Vol. 24, Núm. 1, 111-122. <https://doi.org/10.18359/rmed.2338>
- Dearmas, D., & Ramírez, L. F. "Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en planta de tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia". *RIAA*, 2015, Vol. 6 Núm. 2, 183-196. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5628793>
- Díaz, M., Rivas, L., Fernández, D., Salazar, D., Miller, S., & la Maza, N. "Selección de programa químico de tratamiento para aguas residuales oleosas". *Centro Azúcar*, 2017, Vol. 44, Núm. 2, 89-100. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S222348612017000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S222348612017000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Herrera, M. E. T. "Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domésticas". *Alimentech, Ciencia y Tec*

- nología Alimentaria, 2015, Vol. 13, Núm. 2, 123. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2015.1877>
7. Cabrera, N. C., Simancas Vásquez, E. D. P., Hernández Julio, A. R., Cabrera, N. C., Simancas Vásquez, E. D. P., & Hernández Julio, A. R. "Ensayo de coagulantes naturales extraídos de *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleífera* en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias". *Prospectiva*, 2018, Vol. 16 Núm. 2, 94-99. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1434>
  8. Zamuido, J., Reinel, J., Ibarra, D., Solaque, Ó. A., Monroy, A. C., & Palomino, E. G. "Desarrollo de un floculante natural para el tratamiento de aguas superficiales en hogares del sector rural del municipio de Fusagasugá". *Revista Tecnología y Productividad*, Vol. 1 Núm. 1, 71-83. <https://doi.org/10.23850/24632465.248>
  9. Fuentes, N., Guerra, R., & Ariza, C. P. "Estudio de la aplicación de coagulantes para la clarificación de las aguas como sustituto del sulfato de aluminio". *Ciencia e Ingeniería*, [online], 2017, Vol. 3, Núm. 2. <http://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/57>
  10. Mera- Alegria, C. F., Gutiérrez- Salamanca, M. L., Montes- Rojas, C., & Paz- Concha, J. P. "Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales en el cauca, Colombia". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2016, Vol. 14, Núm. 2, 100-109. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)100-109](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)100-109)
  11. Mageshkumar, M., & Karthikeyan, R. "Modelling the kinetics of coagulation process for tannery industry effluent treatment using *Moringa oleífera* seeds protein." *Desalination and Water Treatment*, 2016, Vol. 57 Núm. 32, 14954-14964. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1070294>
  12. Sánchez, J., Heredia, J., Murillo, C. C., & Pérez, P. G. "Absorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas". *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 2011 Vol. 7, 125-139. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3769562>
  13. Olivero Verbel, R., Florez Vergara, A., Vega Felli-zola, L., & Villegas de Aguas, G. "Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas". *Producción más Limpia*, 2017, Vol. 12, Núm. 2, 71-79. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a6>
  14. Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A. M., & Ramos-Pacheco, B. S. "Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua". *Tecnología Química*, 2018, Vol. 38, Núm. 2, 298-309. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-61852018000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852018000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
  15. Tarón-Dunoyer, A. A., Guzmán-Carrillo, L. E., & Barros-Portnoy, I. "Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales". *Orinoquia*, 2017, Vol. 21, Núm. 1, 73. <https://doi.org/10.22579/20112629.396>
  16. Álvarez y Aguilar. "Uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante orgánico para la remoción de turbiedad y color en el agua para potabilización". *Revista Científica Agua, Saneamiento & Ambiente*, 2017, Vol. 12, Núm. 1.
  17. INEN. "Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013.
  18. Aguilar, M. I. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación-floculación*. EDI-TUM.
  19. Bridgewater, L. L., Baird, R. B., Eaton, A. D., Rice, E. W., American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation (Eds.). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd edition). American Public Health Association.
  20. Chóez Soledispa, F. V., & Vargas Castro, J. M. "Evaluación del poder coagulante de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en agua superficial del Estero Salado—Cantón Guayaquil". Universidad de Guayaquil. Tesis de grado, 2020. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51088>
  21. Mendoza, I., Fuentes, L., Caldera, Y., Perdomo, F., Mosquera, N., & Suárez, A. "Eficiencia de *Hyloceus lemairei* como coagulante-floculante en aguas para consumo humano". 3, 53-69.
  22. Meza-Leones, M., Riaños-Donado, K., Mercado-Martínez, I., Olivero-Verbel, R., & Jurado-Eraso, M. "Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico". *Revista UIS Ingenierías*, 2018, Vol. 17, Núm. 2, 95-104. <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018009>
  23. Syed Ismail, S., Mahiddin, N., & Praveena, S. "The used of dragon fruit peels as eco-friendly wastewater coagulants." *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2018, 6.