

BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN DEL MEDIO DE MADURACIÓN IN VITRO SOBRE LA CAPACIDAD DE DESARROLLO DE OVOCITOS BOVINOS. Liz Greyli Rosell Viloría, Zeylin del Carmen Millano Bracho, Francisco Báez Contreras, Patricia Villamediana Monreal, Rumualdo González Fernández.....	6
QUITOSANO COMO COAGULANTE NATURAL DURANTE EL TRATAMIENTO DE AGUAS CON ALTA TURBIDEZ. Yaxcelys Caldera, Lorena Fuentes, Geraldine Puyosa, Rodolfo Barrera, Iván Mendoza y Yoalis González.....	19
USO DE LAS SEMILLAS DE <i>Moringa oleifera</i> COMO COAGULANTE EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL LAVADO DE VEHÍCULOS. Alfredo Rincón González, Luisa Saules de Mejías, José Delgado González, Sedolfo Carrasquero Ferrer y Altamira Díaz Montiel.....	31
EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA ARTESANAL DE EL TIRANO, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA, DURANTE LA TEMPORADA DE PESCA ENERO-DICIEMBRE 2012. Leo Walter González, Nora Eslava, Francisco Guevara, Félix Díaz y Juan Miguel Rodríguez.....	43
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....	58
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....	68

Vol.51, N° 1, Abril 2017

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA
PUBLICADA POR LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



Quitosano como coagulante natural durante el tratamiento de aguas con alta turbidez

Yaxcelys Caldera*, Lorena Fuentes, Geraldine Puyosa, Rodolfo Barrera, Iván Mendoza y Yoalis González

Laboratorio de Investigaciones Ambientales. Núcleo Costa Oriental del Lago. Universidad del Zulia. Cabimas, estado Zulia, Venezuela. *yaxcelysc@hotmail.com

Resumen

El quitosano tiene varias aplicaciones en el tratamiento de las aguas, entre las cuales se destaca su uso como coagulante para remover la turbiedad de las aguas naturales y residuales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia en la remoción de turbidez y color del quitosano extraído del exoesqueleto del camarón *Litopenaeus schmitti* como coagulante durante el tratamiento de aguas con alta turbidez. Se utilizó agua sintética con valores de turbiedad de 100, 120, 140, 160, 180 y 200 UNT. El quitosano se obtuvo después de los procesos de desproteinización, decoloración, desmineralización y desacetilación realizados a exoesqueletos del camarón, posteriormente se disolvió en ácido acético 0,1 M para obtener la solución coagulante. Las dosis del coagulante fueron 12, 15, 18, 21 y 24 ppm. Se simuló las etapas de coagulación, floculación y sedimentación. Se determinaron los parámetros pH, color y turbidez. Después del tratamiento con el coagulante quitosano, las remociones de turbidez variaron entre 91,8 % y 97,6 %, mientras que el color fue removido entre 93,3 % y 95 %. Las dosis óptimas y la remoción de turbidez incrementaron a medida que se aumentó la turbiedad inicial. Los valores de turbidez residual para las dosis óptimas variaron en el rango de 4,9 a 8,9 UNT, cumpliendo con lo establecido en la normativa ambiental vigente, cuando se evaluó el mayor valor de turbiedad inicial (200 UNT). El quitosano como coagulante representa una alternativa para remover la turbiedad y el color de aguas con alta turbidez.

Palabras clave: Quitosano; coagulante; alta turbidez; tratamiento de agua potable.

Chitosan as natural coagulant during treatment of water with high turbidity

Abstract.

Chitosan has several applications in the treatment of water stands out its potential coagulant to remove turbidity of natural waters and wastewater. Efficiency in the removals turbidity and color of chitosan extracted from *Litopenaeus schmitti* prawn exoskeletons as a coagulant during the treatment of water with high turbidity was evaluated. Synthetic water was used with turbidity values of 100, 120, 140, 160, 180 and 200 NTU. Chitosan was obtained after deproteinization, discoloration, demineralization and deacetylation processes to prawn exoskeletons subsequently dissolved in 0.1 M acetic acid to obtain the coagulant solution. Coagulant doses were 12, 15, 18, 21 and 24 ppm. Stages of coagulation, flocculation and sedimentation were simulated. The parameters pH, color and turbidity were determined. After treatment with chitosan coagulant turbidity removals varied between 91.8 % and 97.6 %, while the color was removed between 93.3 % and 95 %. The optimal doses and removals of turbidity increased as the initial turbidity was increased. Residual turbidity values for optimal doses varied in the range of 4.9 to 8.9 NTU, established compliance with current environmental regulations when the highest value of initial turbidity (200 NTU) was evaluated. Chitosan as a coagulant is an alternative for removal turbidity and color of water with high turbidity.

Key words: Chitosan; coagulant; high turbidity; potable water; treatment.

Introducción

El proceso de coagulación se usa ampliamente en las instalaciones de tratamiento de aguas, especialmente para la desestabilización de coloides y suspensiones, la eliminación de sólidos suspendidos y la reducción de iones fosfato. Casi todos los coloides que se encuentran en las aguas naturales poseen cargas negativas y por lo tanto, permanecen en suspensión debido a las repulsiones eléctricas. En este sentido, la adición de un catión dará lugar a la desestabilización coloidal, ya que interactúa específicamente con los coloides cargados negativamente y neutraliza su carga. Entre los cationes más eficaces para tal propósito se destacan los que contienen Al^{+3} y Fe^{+3} , a partir de los cuales se han preparado varios coagulantes convencionales, tales como el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ y FeCl_3 (Moussas et al. 2011). Sin embargo, los coagulantes a base de aluminio se han asociado con problemas de salud, aún se discute sobre su posible relación con enfermedades neurodegenerativas (Rondeau et al. 2000; Rondeau et al. 2009), es por esto que en los últimos años se está en la búsqueda de nuevos coagulantes más efectivos, de menor costo y amigables con el ambiente.

Los coagulantes naturales surgen como una alternativa a los coagulantes convencionales. Entre los coagulantes estudiados en la última década se encuentra el quitosano, el cual se obtiene de la desacetilación de la quitina, presente de forma natural en los hongos y los artrópodos como componente principal del exoesqueleto. El quitosano es un polímero natural valioso ya que es no tóxico, biodegradable, biocompatible y se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo las áreas de tratamiento de agua (coagulante-floculante), biomedicina, sistemas de administración de fármacos, hidrogeles y recubrimientos comestibles; además posee actividad bactericida y fungicida contra algunos patógenos de frutos (Ummadisingu y Gupta 2012; Blanquicet *et al.* 2015). Debido a las propiedades del quitosano se ha convertido en un candidato relevante en el campo de los biomateriales, especialmente para la ingeniería de tejidos (Croisier y Jérôme 2013), cosméticos, fotografía y nutrición (Wani *et al.* 2010).

En el caso del tratamiento de las aguas se destaca su uso como coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez (Caldera *et al.* 2015), floculante para la remoción de partículas sólidas y aceites, captura y remoción de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas (Lárez 2006), agentes filtrantes para piscinas y spas y remoción de surfactantes (Lárez 2003). Varias investigaciones se han realizado para evaluar la eficiencia del quitosano en diferentes tipos de aguas naturales y residuales entre las cuales se destacan aguas de mataderos de aves (Caldera *et al.* 2014), asociadas a la producción de petróleo (Rodríguez *et al.* 2012), de industrias procesadoras de harinas (Carrasquero *et al.* 2014), de industrias sardinera (Pacheco *et al.* 2009) y con baja turbidez (Fuentes *et al.* 2008).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia en la remoción de turbidez y color del quitosano extraído del exoesqueleto del camarón *Litopenaeus schmitti* como coagulante durante el tratamiento de aguas con alta turbidez (100 a 200 Unidades Nefelométricas de Turbidez, UNT).

Materiales y métodos

Preparación del agua sintética

El agua sintética se preparó agregando arcilla comercial al agua del grifo recolectada en el laboratorio, proveniente de la red de abastecimiento del municipio Cabimas del estado Zulia, hasta obtener los valores deseados de turbiedad inicial (100, 120, 140, 160, 180 y 200 UNT). La mezcla de arcilla se preparó agregando 26 g de arcilla en un vaso de precipitado y se adicionó agua destilada hasta completar 100 mL, posteriormente se agitó a 100 rpm durante 5 minutos y se colocó a temperatura ambiente por 24 horas para garantizar la hidratación de sus partículas. El rango de pH del agua sintética estuvo comprendido entre 6,13 y 6,38 unidades. Los niveles de color aparente se ubicaron entre 300 y 400 UC Pt Co para todas las muestras. La alcalinidad osciló entre 28 y 30 mg CaCO₃/L.

Preparación del coagulante quitosano

El quitosano se obtuvo después de los procesos de desproteinización, decoloración, desmineralización y desacetilación realizados a los exoesqueletos del camarón (*Litopenaeus schmitti*), siguiendo la metodología reportada por Fuentes et al. (2008). Se realizó una valoración potenciométrica al quitosano obtenido en el laboratorio para verificar el grado de desacetilación y la cantidad de grupos aminos presente en la muestra, siguiendo el procedimiento descrito por Hernández et al. (2009), donde se obtuvo como resultado 51,52 % de desacetilación de la muestra. Posteriormente, el quitosano se disolvió en ácido acético 0,1 M para obtener la solución coagulante con una concentración de 0,6 % m/v. Se evaluaron las dosis del coagulante quitosano de 12, 15, 18, 21 y 24 ppm.

Tratamiento del agua

Se procedió a simular las etapas de coagulación, floculación y sedimentación en un equipo de jarras modelo JLTG (Leaching Test Digital). Se agregó agua sintética en 6 vasos de precipitado de 1 litro, utilizando uno de los vasos como control. Inmediatamente se adicionaron las dosis del coagulante quitosano y se inició el proceso de mezclado rápido programando el equipo a 100 rpm por un minuto, luego el mezclado lento a una velocidad de agitación de 30 rpm por 20 minutos. Finalmente la sedimentación tuvo una duración de 30 minutos. Adicionalmente se realizó la filtración con papel cualitativo de las muestras.

Parámetros fisicoquímicos

Se determinaron los parámetros pH, turbidez y color mediante el procedimiento descrito en el APHA, AWWA, WEF (1998), antes y después del tratamiento con coagulante. Se realizaron pruebas preliminares para la selección de la concentración y las dosis del coagulante a evaluar. Posteriormente se hicieron las pruebas finales por triplicado para cada tratamiento.

Los resultados de las remociones de turbidez para cada valor de turbiedad inicial y dosis de quitosano aplicadas se compararon mediante un análisis de varianza y medias a través de la prueba de Tukey, utilizando programas estadísticos (SPSS). Para la selección de la dosis óptima del coagulante se consideró la menor dosis que removió el mayor porcentaje de turbidez (antes de la filtración), mientras que la eficiencia del quitosano se determinó comparando los porcentajes de remoción de turbidez con la muestra sin tratamiento (control).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la turbidez después de aplicar el coagulante quitosano para los valores de turbiedad inicial de 100 y 120 UNT, se observa que al aumentar la dosis del coagulante desde 15 ppm (dosis óptima) hasta 24 ppm, la turbidez residual aumentó, variando entre 6,0 y 8,2 UNT para la turbiedad inicial de 100 UNT (Figura 1a), mientras que para 120 UNT el rango estuvo comprendido entre 6,5 y 8,0 UNT (Figura 1b). Estos valores de turbiedad residual no cumplen con lo establecido en la normativa ambiental venezolana (Gaceta Oficial 1998). Sin embargo, las remociones de turbiedad superaron el 91 %, variando entre 91,8 % y 94,6 %.

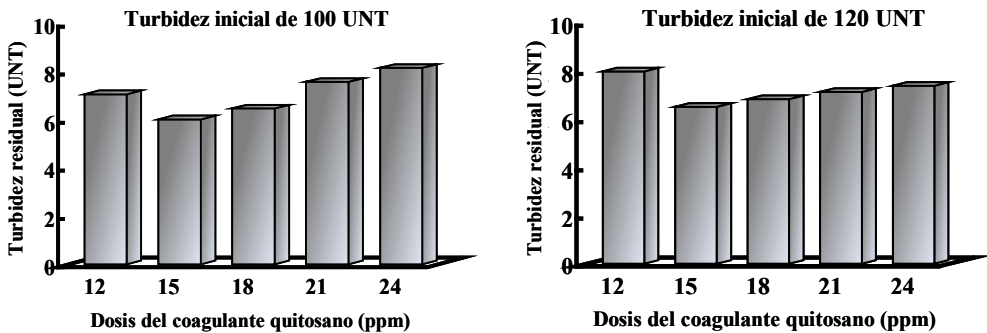


Figura 1. Variación de la turbiedad residual durante el tratamiento con quitosano para la turbiedad inicial de (a) 100 UNT y (b) 120 UNT.

En el caso de la turbiedad inicial de 140 UNT (Figura 2a) la turbiedad residual varió entre 5,9 y 7,3 UNT, valores superiores a los establecidos en la Gaceta Oficial (1998). Se obtuvo un porcentaje de remoción de turbiedad de 95,8 % para la dosis óptima de 18 ppm. En la Figura 2b se observa la variación de turbiedad residual (5,3 a 7,8 UNT) para 160 UNT de turbiedad inicial, mostrando una disminución de la turbiedad con el incremento de la dosis desde 12 ppm hasta 21 ppm. La remoción de turbiedad mayor (96,7 %) se alcanzó para la dosis óptima de 21 ppm.

Para los valores de turbiedad inicial de 180 y 200 UNT (Figura 3a y 3b) la dosis óptima fue de 24 ppm, y se observó una disminución de la turbiedad residual con respecto al incremento de la dosis, variando entre 5,4 y 7,9 UNT para la turbiedad de 180 UNT (Figura 3a), con remociones de turbiedad entre 95,6 % y 97,0 %. En el caso de la turbiedad inicial de 200 UNT (Figura 3b), se obtuvieron valores de turbiedad residual comprendidos entre 4,9 y 8,9 UNT con remociones en el rango de 95,6 % a 97,6 %. Los valores de turbiedad residual superaron el límite establecido en la Gaceta Oficial (1998) de 5 UNT, con excepción de la dosis de 24 ppm para 200 UNT (4,9 UNT).

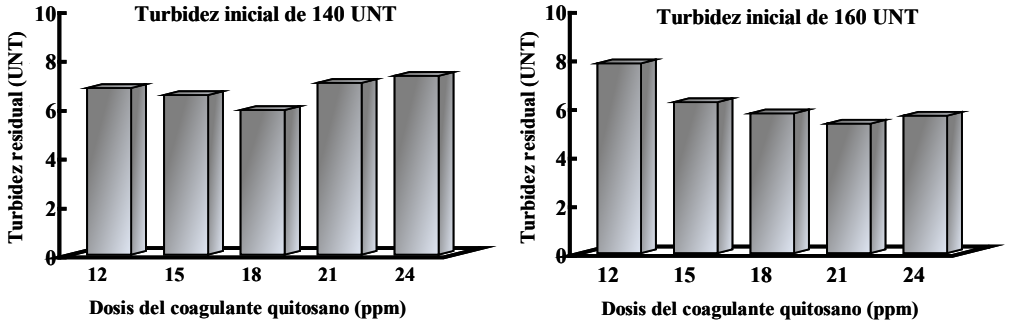


Figura 2. Variación de la turbidez residual durante el tratamiento con quitosano para la turbiedad inicial de (a) 140 UNT y (b) 160 UNT.

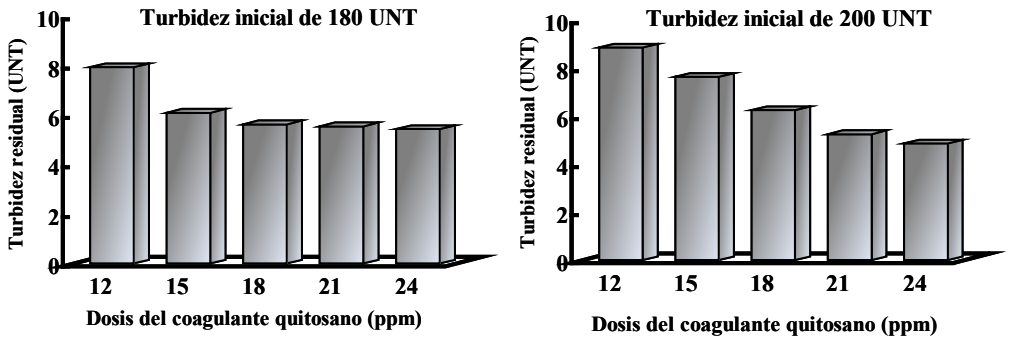


Figura 3. Variación de la turbidez residual durante el tratamiento con quitosano para la turbiedad inicial de (a) 180 UNT y (b) 200 UNT.

La eficiencia del coagulante quitosano alcanzó 97,6 % para el valor más alto de turbiedad inicial (200 UNT), mientras que en las muestras que no recibieron tratamiento con quitosano (control) la eficiencia no superó el 20 %, evidenciando estos resultados la efectividad del quitosano para remover alta turbidez. Durante el tratamiento de las aguas turbias los porcentajes de remoción de turbidez variaron entre 91,8 % y 97,6 %, y la turbidez residual estuvo entre 4,9 y 8,9 UNT.

En la Figura 4a se muestra el comportamiento de la dosis óptima con respecto a la variación de la turbiedad inicial, se observa que se requiere mayor dosis del coagulante a medida que aumenta la turbiedad inicial del agua. Por otra parte, el incremento de la dosis mejoró la remoción de turbidez (Figura 4b). Fuentes et al. (2008) observaron un comportamiento diferente en la remoción de turbidez cuando incrementaron las dosis de quitosano en aguas con baja turbidez (50 a 90

UNT). Evidenciaron una disminución en los porcentajes de remoción a las mismas dosis evaluadas en esta investigación (12, 18 y 24 ppm). Estos resultados podrían suponer que el quitosano a concentraciones y dosis similares se comporta diferente según los valores de turbidez inicial presentes en las aguas, necesitando mayores dosis a valores de turbidez más altos.

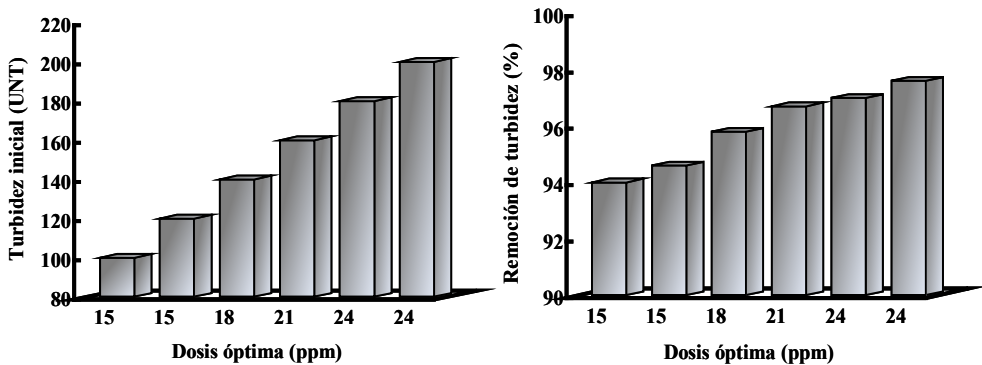


Figura 4. Efecto de la dosis del coagulante sobre la turbidez.(a) Turbidez inicial (b) Remoción de turbidez.

Los resultados muestran que es necesario un tratamiento posterior para alcanzar menores valores de turbidez residual y cumplir con la normativa sanitaria, en este caso la filtración es la mejor alternativa (Tabla 1). Por esta razón, se simuló la etapa de filtración obteniendo resultados satisfactorios. Los valores de turbidez residual variaron entre 0,25 y 0,85 UNT siendo menores a 5 UNT y cumpliendo con la normativa, mientras que la remoción de turbidez varió entre 98,9 % y 99,9 %.

Tabla 1. Resultados de la remoción de turbidez y color de las aguas turbias después del tratamiento con el coagulante quitosano.

Turbidez inicial (UNT)	Dosis óptima (ppm)	Turbidez residual (UNT)	Remoción de turbidez residual (%)	Turbidez después de filtrar (UNT)	Remoción turbidez después de filtrar (%)	Color después de filtrar (UC Pt-Co)	Remoción de color después de filtrar (%)
100	15	6,0	94,0	0,25	99,8	20	93,3
120	15	6,5	94,6	0,26	99,8	20	94,4
140	18	5,9	95,8	0,30	99,8	20	95,0
160	21	5,3	96,7	0,31	99,8	20	93,9
180	24	5,4	97,0	0,35	99,8	20	95,0
200	24	4,9	97,6	0,28	99,9	20	95,0

Por otra parte, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los porcentajes de remoción de turbidez, para los valores de turbiedad inicial evaluados y las dosis del coagulante quitosano. Solo presentaron un comportamiento similar las dosis de 12 y 15 ppm a valores de turbidez inicial de 100 y 120 UNT, mientras que a las turbiedades de 160 y 180 UNT se removieron porcentajes similares de turbidez para las diferentes dosis aplicadas ($p > 0,05$).

Los resultados obtenidos en esta investigación se podrían comparar con los reportados por otros investigadores. Fuentes et al. (2008) evaluaron la eficacia del quitosano obtenido del *Litopenaeus schmitti* como coagulante en la potabilización de aguas con turbidez baja, entre 50 y 90 UNT, aplicando dosis de 6, 12, 18, 24 y 30 ppm, encontraron porcentajes de remoción de turbidez de 80,32 % a 89,49 %, menores a los reportados en esta investigación, mientras que la turbiedad residual osciló entre 7,71 y 9,84 UNT. Después de filtrar, la turbidez fue removida entre 98,22 % y 99,63 %, reportando valores menores a 1 UNT para todos los valores de turbiedad inicial. Esto confirma la efectividad del coagulante quitosano a bajos y altos valores de turbidez y su factibilidad para el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento urbano.

Por su parte, Renault et al. (2009a) trabajaron con aguas residuales industriales con alta turbidez, provenientes de una laguna aireada (tratamiento secundario), y determinaron la eficiencia de remoción de turbidez agregando una dosis óptima de 7 mL/L de quitosano como floculante. Reportaron que el quitosano removió más del 85 % de la turbiedad inicial, además resaltaron los beneficios ambientales del quitosano para el tratamiento de las aguas residuales frente a los floculantes convencionales.

El coagulante quitosano también mostró efectividad para remover más del 93 % del color presente en las aguas turbias, disminuyendo el color a 20 UC Pt Co (Tabla 1). Sin embargo, las unidades de color no cumplieron con lo exigido en la normativa sanitaria (máximo 15 UC Pt Co). El quitosano tiene capacidad de actuar como coagulante efectivo para remover no solamente las partículas en suspensión sino también las sustancias disueltas (Renault et al. 2009b).

La adición del coagulante quitosano afectó el pH inicial del agua (6,13 a 6,38). Se observa en la Figura 5 una tendencia a disminuir a medida que se incrementó la dosis del coagulante, manteniéndose en el rango ácido de 4,76 a 6,19 unidades; valores menores a los exigidos por la normativa sanitaria (Gaceta Oficial 1998). Este descenso se relaciona con el medio ácido donde se disuelve el coagulante quitosano que evidentemente aporta acidez a las muestras de agua. En este sentido, se hace necesario disminuir la acidez del agua en función del uso que pueda recibir puesto que su consumo podría causar problemas de salud y en caso de uso industrial podría inducir la corrosión. Lárez et al. (2003) trabajaron con quitosano en la remoción de turbidez inicial de 120 UNT de aguas sintéticas (caolín en agua de grifo) y reportaron una marcada variación de los valores iniciales de pH después de agregar el quitosano, atribuyeron esta fuerte perturbación en el sistema al exceso de ácido (HCl) que se añade al quitosano para solubilizarlo.

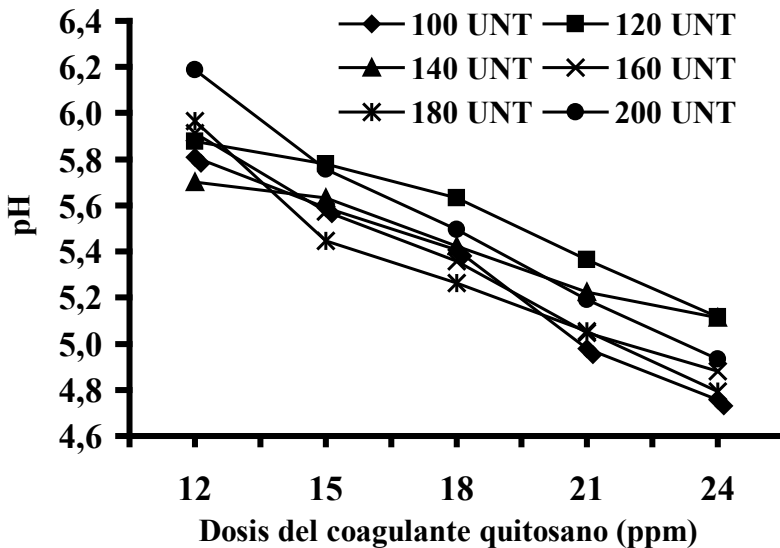


Figura 5. Valores de pH después del tratamiento de las aguas turbias con quitosano para las diferentes dosis evaluadas.

En esta investigación la eficiencia en la remoción de turbidez no fue afectada por los cambios del pH producto de la adición de quitosano, puesto que las mayores remociones se obtuvieron para la dosis de quitosano más alta, la cual presentó el menor valor de pH después del tratamiento. Guibal y Roussy (2007) trabajaron con quitosano como coagulante durante el tratamiento de soluciones coloreadas, con un pH inicial de 5 unidades. Observaron que la adición de cantidades significativas de quitosano (disuelto en solución de ácido acético) involucró un cambio significativo del pH de la solución final, obteniendo valores en el rango de 3,5 a 4,0 unidades.

Otros estudios revelan que el coagulante quitosano es más eficiente en medio ácido o neutro, 5 o 7 unidades, respectivamente (Roussy *et al.* 2005). Pacheco *et al.* (2009) obtuvieron mayor remoción de sólidos totales a valores de pH de 4 unidades durante el tratamiento de aguas provenientes de una industria sardinera, indicaron que mientras menor sea el pH del medio mayor será el porcentaje de protonación de los grupos amino del quitosano. Por su parte, Rizzo *et al.* (2008) concluyeron que la eficiencia del quitosano es afectada por el pH y la turbidez inicial, encontraron más efectividad a pH entre 5 y 6 que a valores de 7 unidades. Resultados diferentes presentó Carrasquero *et al.* (2014) quienes evaluaron los coagulantes quitosano de laboratorio y quitosano comercial en aguas de una industria procesadora de harina y no observaron descenso del pH sino un ligero aumento de 6,62 a 7,68 y 7,50 unidades; respectivamente, resultados que podrían deberse a la alcalinidad presente en este efluente industrial (175 mg CaCO₃/L).

Por su parte, Lertsutthiwong et al. (2009) proponen que para lograr la eficiencia del quitosano, el pH de la muestra de agua debe ser ajustado después de la adición del quitosano. Indican que el ajuste del pH de 6,5 a 8,5 unidades mejoró sustancialmente la floculación y sedimentación. Ahmad et al. (2006) indicaron que la condición óptima para la coagulación con quitosano de aguas aceitosas se encuentra a valores de pH en el rango de 4,0 a 5,0 unidades, por lo que el ajuste del pH puede ser descartado ya que se mantiene la calidad en el tratamiento, reportaron eficiencia de más del 95 % a pH 4 unidades.

Conclusiones

El coagulante quitosano extraído del exoesqueleto del camarón *Litopenaeus schmitti* como coagulante durante el tratamiento de aguas con alta turbidez (100 a 200 UNT) fue eficiente en la remoción de turbidez, alcanzando porcentajes entre 91,8 % y 97,6 % y valores de turbiedad residual entre 4,9 y 8,9 UNT.

El coagulante quitosano también mostró efectividad para remover más del 93 % del color presente en las aguas con alta turbidez, disminuyendo el color a 20 UC Pt Co.

La adición del coagulante quitosano afectó el pH inicial del agua (6,13 a 6,38 unidades) disminuyendo a medida que se incrementó la dosis del coagulante, manteniéndose en el rango ácido de 4,76 a 6,19 unidades. Sin embargo, la eficiencia de remoción de turbidez no fue alterada.

Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el financiamiento a esta investigación.

Literatura citada

- AHMAD, A., S. SUMATHI Y B. HAMEED. 2006. Coagulation of residue oil and suspended solid in palm oil mill effluent by chitosan, alum and PAC. Chem. Eng. J. 118: 99–105.
- APHA, AWWA, WEF. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation. 20th Washington, DC, USA.
- BLANQUICET, R., C. FLÓREZ, Y. GONZÁLEZ, E. MEZA Y J. RODRÍGUEZ. 2015. Síntesis y propiedades de filmes basados en quitosano/lactosuero. Polímeros. 25: 58–69.
- CALDERA, Y., E. GUTIÉRREZ, L. FUENTES, I. MENDOZA, Y. RODRÍGUEZ Y M. SÁNCHEZ. 2015. Quitosano: un coagulante natural alternativo para el tratamiento de aguas con alta turbidez. REDIELUZ. 5: 184-188.

- CALDERA, Y., E. GUTIÉRREZ, H. ALBARRÁN, P. NAVARRO Y M. SÁNCHEZ. 2014. Quitosano como coagulante en un sistema de flotación durante el tratamiento de aguas residuales de un matadero de aves. *Impacto Científico*. 9: 215–227.
- CARRASQUERO, S., R. CORDERO, M. MAS Y RUBI, A. PARDO, J. MARÍN Y L. VARGAS. 2014. Eficiencia del quitosano como coagulante en aguas residuales de una industria procesadora de harina. *Bol. Centro Invest. Biol.* 48: 206–223.
- CROISIER, F. Y C. JÉRÔME. 2013. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. *Eur. Polym. J.* 49: 780–792.
- FUENTES, L., W. CONTRERAS, R. PEROZO, I. MENDOZA Y Z. VILLEGAS. 2008. Uso del quitosano obtenido de *Litopenaeus schmitti* (Decapoda, Penaeidae) en el tratamiento de agua para el consumo humano. *Multiciencias*. 8: 281–287.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1998. Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. N° 36.395 del 13 de febrero. Caracas, Venezuela.
- GUIBAL, E. Y J. ROUSSY. 2007. Coagulation and flocculation of dye-containing solutions using a biopolymer (Chitosan). *React. Funct. Polym.* 67: 33–42.
- HERNÁNDEZ, H., E. ÁGUILA, O. FLORES, E. VIVEROS Y E. RAMOS. 2009. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superf. y Vacío*. 22: 57–60.
- LÁREZ, C. 2003. Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. *Rev. Iber. Pol.* 4: 91–109.
- LÁREZ, C. 2006. Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Av. Quim.* 1: 15–21.
- LÁREZ, C., L. LOZADA, E. MILLÁN, I. KATIME Y P. SASÍA. 2003. La densidad de carga de polielectrolitos y su capacidad de neutralización en sistemas coloidales. *Rev. LatinAm. Metal. Mat.* 23: 16–20.
- LERTSUTTHIWONG, P., S. SUTTI Y S. POWTONGSOOK. 2009. Optimization of chitosan flocculation for phytoplankton removal in shrimp culture ponds. *Aquacult. Eng.* 41: 188–193.
- MOUSSAS, P., N. TZOUPANOS Y A. ZOUBOULIS. 2011. Advances in coagulation/flocculation field: Aland Fe-based composite coagulation reagents. *Desalin. Water Treat.* 33: 140–146.
- PACHECO, R., P. LEYVA, G. CARVALLO, L. GARCÍA Y E. MÁRQUEZ. 2009. Efecto de la concentración de quitosano y pH sobre la remoción de sólidos en agua de cola de la industria sardinera. *Interciencia*. 34: 274–279.
- RENAULT, F., B. SANCEY, J. CHARLES, N. MORIN-CRINI, P. BADOT, P. WINTERTON Y G. CRINI. 2009a. Chitosan flocculation of cardboard-mill secondary biological wastewater. *Chem. Eng. J.* 155: 775–783.
- RENAULT, F., B. SANCEY, P. BODOT Y G. CRINI. 2009b. Chitosan for coagulation/flocculation process- An eco-friendly approach. *Eur. Polym. J.* 45: 1337–1348.

- RIZZO, L., A. DI GENNARO, M. GALLO Y V. BELGIORNO. 2008. Coagulation/chorination of surface water: a comparison between chitosan and metal salts. *Sep. Purif. Technol.* 62: 79–85.
- RODRÍGUEZ, Y., H. OÑATE, E. GUTIÉRREZ Y Y. CALDERA. 2012. Eficiencia del quitosano como coagulante en el tratamiento de aguas asociadas a la producción de petróleo mediano. *Impacto Científico.* 7: 218–228.
- RONDEAU, V., D. COMMENGES, H. JACQMIN-GADDA Y J. DARTIGUES. 2000. Relation between aluminum concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: An 8-year follow-up study. *Am. J. Epidemiol.* 152: 59–66.
- RONDEAU, V., H. JACQMIN-GADDA, D. COMMENGES, C. HELMER Y J. DARTIGUES. 2009. Aluminum and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of PAQUID cohort. *Am. J. Epidemiol.* 169: 489–496.
- ROUSSY, J., M. VAN VOOREN, B. DEMPSEY Y E. GUIBAL. 2005. Influence of chitosan characteristics on the coagulation and the flocculation of bentonite suspensions. *Wat. Res.* 39: 3247–3258.
- UMMADISINGU, A. Y S. GUPTA. 2012. Characteristics and kinetic study of chitosan prepared from seafood industry waste for oil spills cleanup. *Desalin. Water Treat.* 44: 44–51.
- WANI, M., N. HASAN Y M. MALIK. 2010. Chitosan and Aloe vera: Two gifts of nature. *J. Dispersion Sci. Technol.* 31: 799–811.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

**BOLETÍN DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Vol.51 N° 1 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en abril de 2017, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
produccioncientifica.luz.edu.ve