

Quitosano como coagulante en un sistema de flotación durante el tratamiento de aguas residuales de un matadero de aves

**Yaxcelys Caldera¹, Edixon Gutiérrez², Henyuri Albarrán³,
Pedro Navarro³ y Mayra Sánchez²**

¹Laboratorio de Investigaciones Ambientales. Núcleo Costa Oriental del Lago. Universidad del Zulia. Cabimas, estado Zulia, Venezuela. yaxcelysc@hotmail.com

²Centro de Investigación del Agua. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

³Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la eficiencia del quitosano como coagulante en un sistema de flotación durante el tratamiento de aguas residuales de un matadero de aves (ARMA). Las muestras de aguas residuales se recolectaron a la entrada de la unidad de flotación que integra el sistema de tratamiento de un matadero de aves ubicado en el estado Zulia, Venezuela. Se trabajó con una unidad de flotación por aire disuelto (DAF) con capacidad de 4 L en la cámara de flotación y 2 L en el tanque de presurización. Se determinaron los parámetros A y G, DQO, SST, SSV, color, turbidez y pH antes y después del tratamiento, a presiones de 30, 40 y 50 psi, variando los porcentajes de recirculación del efluente en 30%, 40% y 50%, sin coagulante y con la adición de 220 mg/L de quitosano. La condición de operación que arrojó mejores resultados fue 40 psi y 40% de recirculación, con quitosano, removiendo 68,9%, 71,2%, 72,6%, 95,9% y 95,0% de A y G, SST, SSV, DQO y turbidez, respectivamente. Los resultados demostraron que el quitosano mejora la eficiencia del sistema de DAF.

Palabras clave: matadero de aves, aguas residuales, flotación por aire disuelto (DAF), coagulante, quitosano.

Chitosan as Coagulant in a Flotation System During the Treatment of Poultry Slaughterhouse Wastewater

Abstract

The objective of this investigation was to determine the effectiveness of chitosan as a coagulant in a flotation system for wastewater treatment from a poultry slaughterhouse (WPS). The wastewater samples were collected at the entrance of the flotation unit that integrates the treatment system for a poultry slaughterhouse located in the State of Zulia, Venezuela. The dissolved air flotation (DAF) unit used has a 4 L capacity in the float chamber and 2 L in the tank pressurization section. The parameters O&G, COD, TSS, VSS, color, turbidity and pH before and after treatment were determined, for pressures of 30, 40 and 50 psi, varying percentages of recirculation of the effluent at 30%, 40% and 50%, without coagulant and with the addition of 220 mg/L of chitosan. At the operating condition of 40 psi and 40% recirculation, with chitosan, 68.9%, 71.2%, 72.6%, 95.9% and 95.0% of O&G, TSS, VSS, COD and turbidity were removed, respectively. Results showed that chitosan enhances efficiency of the DAF.

Keywords: poultry slaughterhouse, wastewater, dissolved air flotation (DAF), coagulant, chitosan.

Introducción

Las aguas residuales de mataderos de aves (ARMA) se caracterizan por presentar altas concentraciones de aceites y grasas (A y G), sólidos suspendidos (SS) y materia orgánica (Del Nery y col., 2007), estos contaminantes se han asociados a problemas en los sistemas de tratamiento biológico y en las unidades mecánicas (Cammarota y Freire, 2006; Miranda y col., 2005), por lo que deben ser removidos mediante el uso de sistemas de tratamiento primario.

Entre los tratamientos primarios se encuentra la flotación por aire, la cual se ha usado ampliamente como un tratamiento práctico y eficiente para aguas residuales con alto contenido de A y G y SS (Bennett, 1988). En el caso de los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) se ha demostrado que presentan algunas ventajas, destacándose requerimientos de poco espacio, operación rápida, flexibilidad de operación y generación de efluentes de excelente calidad (Chuang y col., 2006). Los sistemas de DAF representan el tratamiento primario más común para las aguas residuales de mataderos, ya que facilitan la remoción de A y G, SS y demanda química de oxígeno (DQO). Por otra parte, la eficiencia de la flotación podría incrementarse agregando coagulantes, alcanzando remociones superiores al 90% para estos parámetros (Dassey y Theegala, 2012).

En la coagulación para aguas residuales de matadero se han evaluado varios coagulantes tales como sulfato de aluminio, cloruro férrico y policloruro de aluminio (Dassey y Theegala, 2012; Caldera y col., 2011a). Sin embargo, estos coagulantes producen exceso de lodos y se han asociado a problemas de salud. Por lo tanto, se

sugiere que un coagulante biodegradable puede ser una mejor alternativa (Ikeda y col., 2002; Ahmad y col., 2006).

El quitosano (Q) es un polímero de origen natural, el cual puede ser obtenido a partir de los crustáceos del camarón, es biodegradable y no tóxico. El quitosano es utilizado como coagulante floculante en el tratamiento de las aguas para la potabilización y en aguas residuales con altas valores de turbidez y A y G (Renault y col., 2009; Fuentes y col., 2008; Caldera y col., 2011b).

En este sentido, el objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia del quitosano en un sistema de DAF durante el tratamiento de ARMA.

Metodología

Toma de muestras

Las muestras de agua residual se recolectaron en la entrada de una unidad de flotación por aire disperso, que integra el sistema de tratamiento de un matadero de aves ubicado en el estado Zulia, Venezuela. Las unidades que integran el sistema de tratamiento son: tamiz rotatorio, unidad de flotación de A y G, sistema de lodos activados (reactor biológico y sedimentador secundario) y cámara de cloración. Mientras que las unidades para el manejo de lodo son: digestor aerobio, espesador y lechos de secado. Además, antes de entrar al sistema de tratamiento, se separan o recuperan las plumas, sangre y vísceras de las ARMA.

Se tomaron muestras simples dos veces por semana durante tres meses de evaluación. Las muestras se recolectaron en envases plásticos de 20 L, se trasladaron al laboratorio, se conservaron y posteriormente fueron analizadas. Las principales características fisicoquímicas de las ARMA se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características fisicoquímicas de las aguas residuales del matadero de aves

Parámetro	Valor
DQO (mg/L)	3714
SST (mg/L)	652
SSV (mg/L)	614,7
A y G (mg/L)	1905
Turbidez (UNT)	687,5
Color (UC)	4953
pH	6,35

Equipo experimental

El equipo de DAF utilizado en esta investigación tiene una cámara de flotación (1) con capacidad para 4 L, de fondo perforado para distribuir uniformemente el reciclo y aumentar el contacto gas-líquido, una válvula que regula la entrada del agua presurizada (2), y una válvula de salida (3) para la muestra tratada (Figura 1).

Este equipo también tiene un tanque de presurización de acero inoxidable con capacidad de 2 L (4), con un manómetro en la parte superior (5) para verificar la presión interna y un recipiente de llenado para introducir el reciclo (6), una válvula (7) sirve para la entrada del reciclo. En la parte inferior tiene dos válvulas, la primera (8) permite el paso del aire proveniente del compresor de aire (9), y la segunda (10) libera el líquido presurizado; esta misma válvula es usada para la succión del aire del tanque a través de una bomba de succión (11), tiene además conexiones flexibles con acoples de rápida instalación y desinstalación.

Procedimiento

Se realizaron ensayos a las presiones a 207 kPa (30 psi), 276 kPa (40 psi) y 345 kPa (50 psi), variando el porcentaje de recirculación del efluente en 30%, 40% y 50%, se trabajó sin y con coagulante (quitosano). El afluente utilizado durante la operación fue de 4 L, con volúmenes de reciclo de 1200, 1600 y 2000 mL para 30%, 40% y 50%, respectivamente.

Se trabajó con quitosano comercial Sigma Chemical Co. (QC). La solución coagulante se obtuvo disolviendo el QC en ácido clorhídrico 0,10 M, preparando soluciones al 1,0% (Divakaran y Pillai, 2002). Después de pruebas de coagulación floculación se seleccionó la concentración del coagulante quitosano de 220 mg/L como óptima.

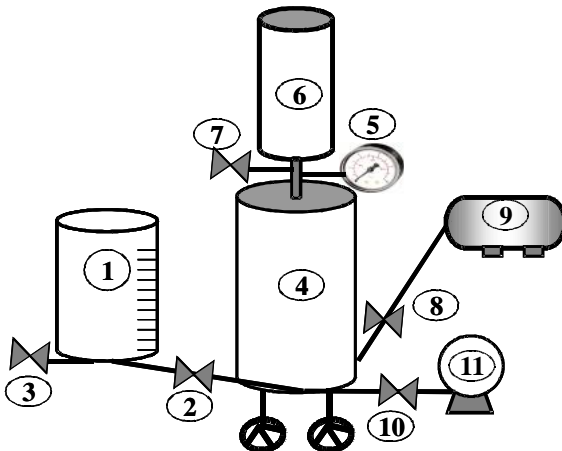


Figura 1. Equipo de flotación por aire disuelto (DAF) utilizado en esta investigación.

Las pruebas en el sistema de DAF se iniciaron haciendo succión en el tanque hasta obtener el vacío, luego se agregó el agua residual y se sometió a la presión deseada. Posteriormente, se conectó la cámara y se descargó la muestra ya presurizada. Se dejó en reposo por 10 minutos, para llevar a cabo el proceso de flotación. Finalmente, se tomaron las muestras requeridas para determinar los parámetros físico-químicos. El procedimiento fue similar cuando se agregó el coagulante, se trabajó con una mezcla rápida por 1 min y luego una mezcla lenta por 10 minutos y 220 mg/L de quitosano. La evaluación de las condiciones se realizó por triplicado.

Para evaluar la eficiencia del sistema se determinaron los parámetros pH, turbidez, color, A y G, DQO, SST y SSV antes y después del tratamiento en el sistema de DAF, según métodos estándar (APHA, AWWA, WCF, 1998).

Resultados y discusión

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se muestran los porcentajes de remoción de DQO, A y G, SST y SSV, para las presiones de 30, 40 y 50 psi y las recirculaciones de 30%, 40% y 50%. Debido a los problemas que presenta la unidad de flotación existente en el matadero de aves del Zulia, con remociones de A y G que no superan el 4% (Caldera y col., 2010), se considera la remoción de A y G como parámetro más importante durante esta investigación, ya que se busca proponer una alternativa para mejorar la eficiencia de esta unidad de tratamiento.

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF, para las diferentes condiciones de operación sin la adición de coagulante, la mayor remoción (45,6%) se obtuvo a una presión de 50 psi y porcentaje de reciclo de 30%, con remanentes de A y G de 1035,8 mg/L. Para esta presión, la remo-

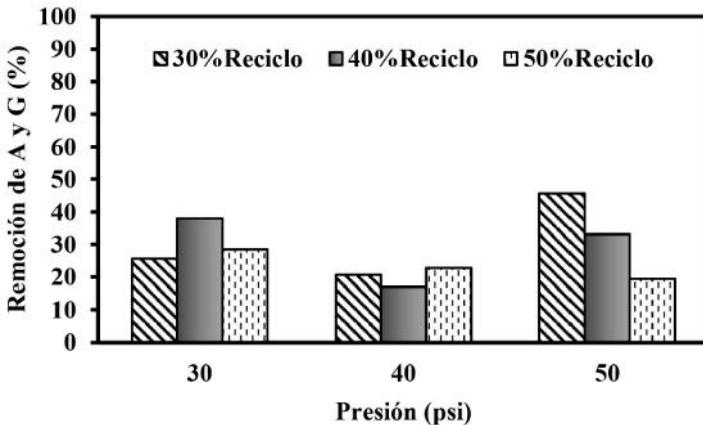


Figura 2. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF, sin adición de coagulante.

ción disminuyó con el incremento de la recirculación. También se observa en la Figura 2 que a porcentajes de recirculación de 30% y 40% se obtuvo el mínimo de remoción de A y G a 40 psi y el máximo a 50 psi, mientras que para el 50% de reciclo la remoción disminuyó al aumentar la presión.

Para las condiciones de presión y recirculación evaluadas, los porcentajes de remoción de A y G variaron entre 17%-45,6%. Estos resultados son menores a los obtenidos por otros autores durante el tratamiento de ARMA en sistemas de DAF sin la ayuda de coagulante. Del Nery y col. (2008), reportaron porcentaje de remoción para A y G de 57%, mientras que Berti y Briceno (2011) obtuvieron 81,5% a las mismas condiciones de operación (presión y recirculación).

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la DQO para las distintas condiciones de operación. Se observa poca remoción de materia orgánica en el sistema de DAF sin coagulante, con un rango de 22,3% y 41,9%, donde el mayor valor corresponde a las condiciones de 30 psi y 50% de reciclo. No se observó un comportamiento regular con respecto a la variación de la presión, mientras que el incremento del porcentaje de recirculación sólo favoreció la remoción de DQO a la presión de 30 psi. Las concentraciones de DQO a la salida del sistema de DAF se mantienen altas, variando entre 2158,5 a 2885,5 mg/L.

Por otra parte, a las condiciones de 50 psi y 30%, para las cuales se obtuvieron mayores remociones del parámetro crítico A y G, la remoción de DQO es superior al 35%, considerándola apropiada para unidades de tratamiento primario puesto que se mejora la eficiencia de las unidades posteriores (Del Nery y col., 2007; Mittal, 2006).

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de los SST. Se obtuvieron bajas remociones de SST después del tratamiento en el sistema de DAF a las diferentes condiciones de operación, con valores que no superaron el 45%. No se observó una varia-

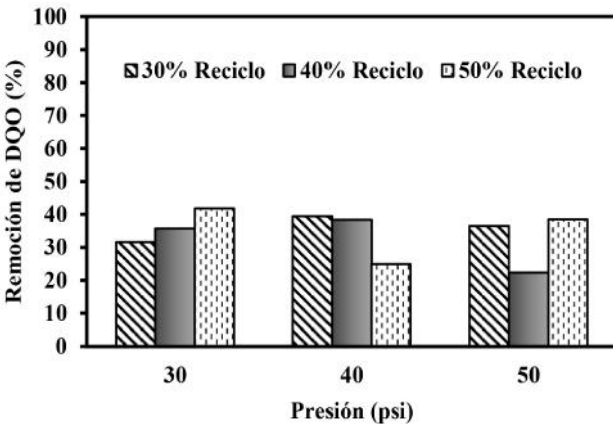


Figura 3. Comportamiento de la remoción de DQO en el sistema de DAF, sin adición de coagulante.

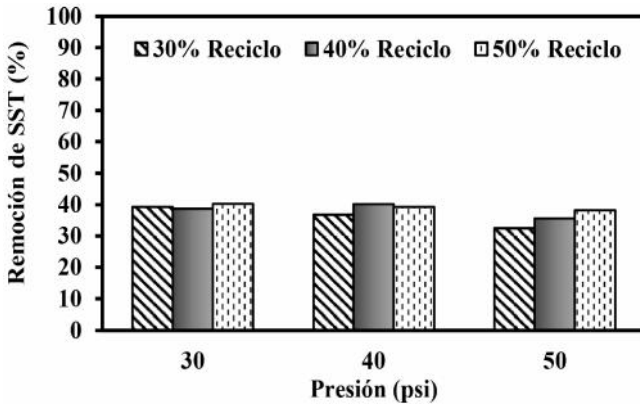


Figura 4. Comportamiento de la remoción de SST en el sistema de DAF, sin adición de coagulante.

ción importante con los cambios de presión y recirculación. Estos resultados son mayores a los obtenidos por Del Nery y col, (2008) y Trujillo y Herrera (1995), quienes reportaron remoción de SS del 37% y 36% respectivamente, en sistemas de DAF.

Para el caso de los SSV (Figura 5), la variación del reciclo no afectó la remoción a 40 y 50 psi. Sólo se observó efecto apreciable de la recirculación para la presión de 30 psi. Sin embargo, las remociones de SSV para las diferentes condiciones de operación no superaron el 50%, mientras que las concentraciones de SST y SSV están en el rango de 389-440 mg/L y 346-482 mg/L, respectivamente.

Se obtuvieron bajas remociones de turbidez y color, que no superaron el 50%. El incremento de la presión a 50 psi favoreció la remoción de turbidez, mientras que el incremento del porcentaje de recirculación sólo favoreció la remoción de turbidez a la presión de 30 psi. En el caso del color no se observó un comportamiento regular con respecto a la variación de la presión y recirculación. Los valores de turbidez después del tratamiento estuvieron en el rango de 430-660 UNT mientras que las unidades de color variaron entre 3315-4545 UC.

Los mejores resultados en las pruebas de coagulación fueron con la concentración de 220 mg/L donde las remociones alcanzaron 80,9% y 92,0% de DQO y SST respectivamente, por esta razón se consideró como dosis óptima para realizar las pruebas en el sistema de DAF. En las Figuras 6, 7, 8 y 9 se muestran los porcentajes de remoción de DQO, A y G, SST y SSV para las presiones de 30, 40 y 50 psi y los reciclo de 30%, 40% y 50%, después del tratamiento con 220 mg/L de quitosano.

En la Figura 6 se observa el comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF a las diferentes condiciones de operación después de agregar quitosano a las ARMA. El quitosano mejoró la remoción de A y G obteniendo un rango de 49% a 68,9%, superior al obtenido a las mismas condiciones sin la adición de coagulante. Las concentraciones de A y G disminuyeron a valores alrededor de 500 mg/L después del tratamiento.

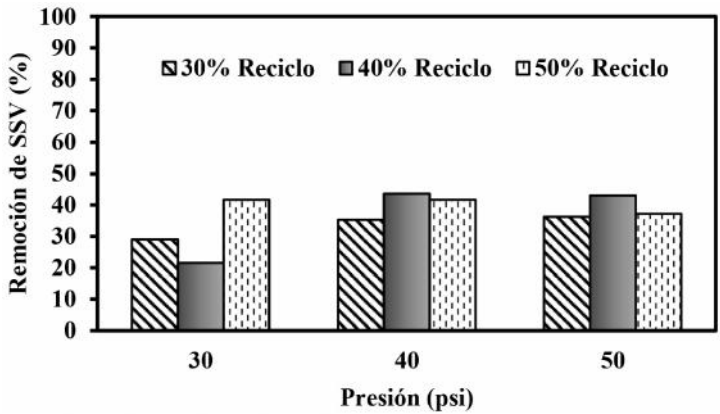


Figura 5. Comportamiento de la remoción de SSV en el sistema de DAF, sin adición de coagulante.

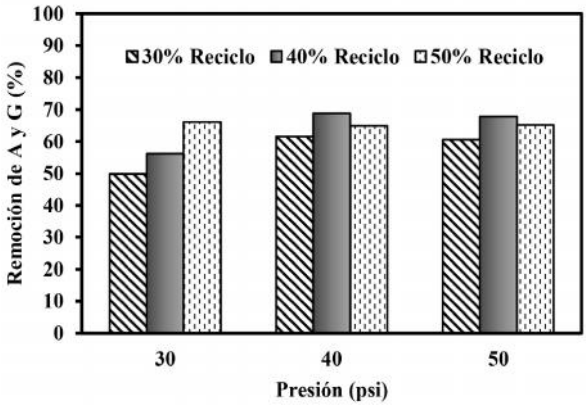


Figura 6. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF, con adición de coagulante.

La mejor condición de operación fue 40 psi y 40% reciclo. Los valores de remoción menores a cada presión evaluada se obtuvieron para el porcentaje de recirculación de 30%, sin embargo, no se observó un comportamiento regular en los cambios de las condiciones de operación. Sólo se observó una tendencia al incremento de la remoción de A y G cuando se aumentó el porcentaje de recirculación a la presión de 30 psi.

Estos resultados son menores a los obtenidos por Berti y Briceño (2011), quienes reportan 80,2% de remoción de A y G en el sistema de DAF cuando agregaron sulfato de aluminio a las ARMA. Por su parte, Sena y col. (2008), reportan 81% de remoción de A y G, después de agregar polímeros a ARM en un sistema flotación.

De esta manera, el sistema de DAF con quitosano se presenta como alternativa al sistema de flotación por aire disperso existente en el matadero de aves Zuliano, donde actualmente los porcentajes de A y G, SST y DQO menores al 4% (Caldera y col., 2010). Sustituyendo este sistema, el matadero podría mejorar la calidad del efluente antes de su entrada al reactor biológico. Se remienda al matadero modificar el sistema existente por un sistema de DAF y aplicar el coagulante quitosano. Otros investigadores han hecho esta recomendación a mataderos con problemas similares en la remoción de A y G (Martínez y col., 1995).

En cuanto a las condiciones de operación, menor reciclo significa un equipo más pequeño, y menor presión disminuye los costos de energía, por esta razón desde el punto de vista operacional podría utilizarse 30% de recirculación y 40 psi.

En la Figura 7 se presenta el comportamiento de la remoción de DQO a las distintas condiciones de recirculación y presión, observando que la adición de quitosano mejoró la eficiencia de remoción de DQO en más de un 50%, obteniendo valores en un rango de 95% a 98,4%, con concentraciones de DQO entre 59,6 y 183,5 mg/L.

Se observa en la Figura 7 que las remociones de DQO son similares para las diferentes condiciones de presión y recirculación. Además, al aumentar la remoción de A y G, se logra mejor remoción de la DQO.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que el quitosano es un excelente coagulante para la remoción de DQO de las ARMA, superior a los coagulantes tradicionales. Berti y Briceño (2011) encontraron que el sulfato de aluminio removió entre 50,3% y 86,3% de la DQO presente en las ARMA bajo las mismas condiciones de operación. Por otra parte, Al-Mutairi y col. (2008), con el uso de un polímero en una unidad de flotación obtuvieron porcentajes de remoción de DQO entre 9 y 43%. Mientras que Sena y col. (2008) utilizaron sales de hierro durante la evaluación de la flotación y obtuvieron entre 62%-78% de remoción de DQO.

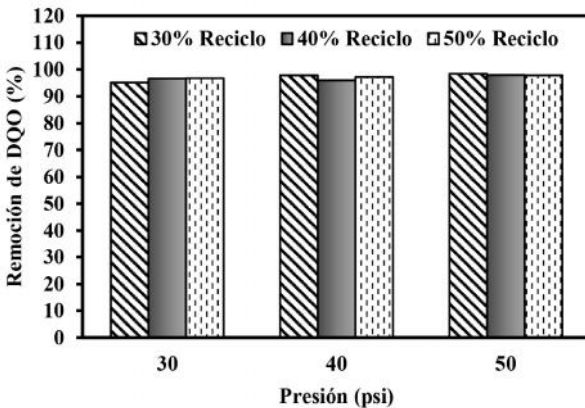


Figura 7. Comportamiento de la remoción de DQO en el sistema de DAF, con adición de coagulante.

En cuanto al análisis de los SST y SSV, se aprecia en las Figuras 8 y 9, respectivamente, que el quitosano mejoró la remoción de SS de las ARMA. Para las distintas condiciones de operación, el sistema de DAF con coagulante removió entre 62,9% y 83,1% de SST y entre 54,7% y 85,0% de SSV, obteniendo concentraciones mínimas de 110 y 92 mg/L, respectivamente. Otros investigadores han presentado remociones de SS en sistemas de DAF entre 70% y 93% (Rojas y col., 2008; EPA, 2002; Nardi y col., 2008).

La remoción de turbidez y color, presentaron un incremento importante (mayor al 47%) después del tratamiento con quitosano a las diferentes condiciones de operación. Los mayores porcentajes de remoción de turbidez se obtuvieron para la presión de 30 psi, sin embargo, no se observó un comportamiento regular con el cambio de las condiciones de operación para ambos parámetros. Los valores de turbidez estuvieron en el rango de 40-120 UNT mientras que las unidades de color variaron entre 470-900.

Los valores de pH para las distintas condiciones de operación, variaron en el rango de 6,13 a 6,72 sin coagulante y entre 6,28 a 6,68 unidades cuando se agregó quitosano. Estos resultados indican que el quitosano no alteró el pH de las ARMA. Por otra parte, estos valores se encuentran dentro en el rango óptimo para el crecimiento de los microorganismos presentes en la unidad de tratamiento posterior (reactor de lodos activados).

Los resultados demostraron que el quitosano mejora la eficiencia del sistema de DAF. Para la condición de operación 40 psi y 40% de recirculación, con quitosano, se removió 68,9% de los A y G presentes en las ARMA, además se obtuvieron remociones 95,0%, 90,7%, 95,9%, 71,2% y 72,6% de turbidez, color, DQO, SST y SSV respectivamente, y un pH de 6,46.

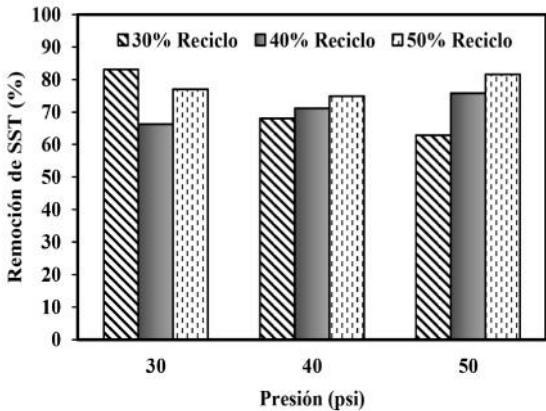


Figura 8. Comportamiento de la remoción de SST en el sistema DAF, con adición de coagulante.

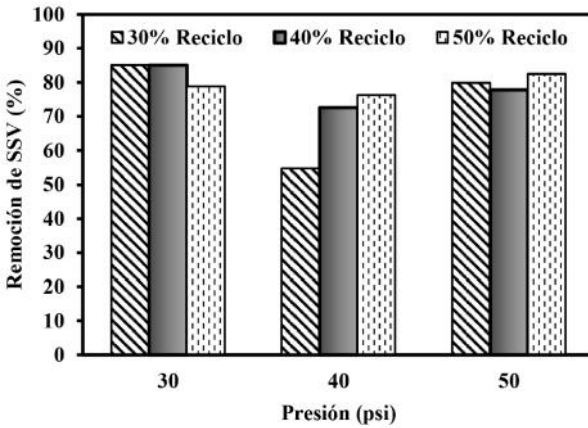


Figura 9. Comportamiento de la remoción de SSV en el sistema DAF, con adición de coagulante.

Dassey y Theegala (2012), presentaron los resultados de la evaluación del funcionamiento de un sistema de DAF con coagulante para ARMA a diferentes condiciones de volumen del reciclo (0%, 10%, 20%, 30% y 40%) y presión de 90 psi. Cuando combinaron 800 mg/L de $FeCl_3$ y 900 mg/L del polímero Floccin 1115 a 40% de recirculación encontraron remociones de SST, SSV, DQO y A y G de 97,3%; 96,6%; 91% y 100%, respectivamente.

El sistema de DAF con coagulante evaluado en esta investigación es eficiente para remover más del 49% de los A y G, DQO y sólidos suspendidos presentes en las ARMA para las diferentes condiciones de presión y recirculación, representando una alternativa para mejorar la calidad de las ARMA del Zulia.

En cuanto a la comparación del funcionamiento con y sin coagulante para las mismas condiciones de operación en el sistema de DAF, se obtuvo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos que no recibieron coagulante y los que recibieron quitosano. Mientras que cada tratamiento por separado a diferentes condiciones de presión y recirculación mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) en la remoción de los parámetros A y G y SST. Adicionalmente, se observó una correlación altamente positiva entre estos parámetros.

Por esta razón, una evaluación económica permitirá seleccionar las mejores condiciones de operación para el tratamiento de las ARMA, en función de las necesidades del matadero de aves del Zulia.

Conclusiones

El quitosano mejora la eficiencia del sistema de DAF, logrando remociones superiores al 49% de los A y G, DQO y SST presentes en las ARMA para las diferentes condiciones de presión y recirculación, representando una alternativa para mejorar la calidad de las ARMA del Zulia.

Para la condición de operación 40 psi y 40% de recirculación, con 220 mg/L de quitosano, se removió 68,9% de los A y G presentes en las ARMA, además se obtuvieron remociones 95,0%, 90,7%, 95,9%, 71,2% y 72,6% de turbidez, color, DQO, SST y SSV respectivamente, y un pH de 6,46.

Agradecimiento

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

Referencias bibliográficas

- Ahmad A., Sumathi S. y Hameed B. (2006). Coagulation of residue oil and suspended solid in palm oil milk effluent by chitosan, alum and PAC. *Chemical Engineering Journal* 118 (1-2), 99-105.
- Al-Mutairi N., Al-Sharifi F. y Al-Shammari S. (2008). Evaluation study of a slaughterhouse wastewater treatment plant including contact-assisted activated sludge and DAF. *Desalination* 225 (1-3), 167-175.
- APHA, AWWA, WCF. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th Ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation, Washington, DC., USA, 1207 pp.
- Bennett G. (1988). The removal of oil from wastewater by air flotation: a review. **CRC Critical Review in Environmental Control** 18 (3), 189-253.
- Berti S. y Briceño R. (2011). Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas de una procesadora de aves en un sistema de flotación. Trabajo Especial de Grado. Universidad del Zulia. Núcleo Costa Oriental del Lago. Programa de Ingeniería. Subprograma Ingeniería Civil.
- Caldera Y., Gutiérrez E., Ruesga L., Fuenmayor M., Quiroz C. y Oñate H. (2010). Sistema de flotación para aguas residuales de un matadero de aves. **Multiciencias** 10, (Extraordinario), 55-60.
- Caldera Y., Oñate H., Rodríguez Y. y Gutiérrez E. (2011a). Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola. **Impacto Científico** 6 (2), 244-256.
- Caldera Y., Rodríguez Y., Oñate H., Prato J. y Gutiérrez E. (2011b). Eficiencia del quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de baja turbidez asociadas a la producción de petróleo. **Revista Tecnocientífica URU** 1 (1), 45-52.
- Cammarota M. y Freire D. (2006). A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. **Bioresource Technology** 97 (17), 2195-2210.

- Chuang S., Chang W., Chang T. y You S. (2006). Improving the removal of anions by coagulation and dissolved air flotation in wastewater reclamation. **Environmental Technology** 27 (5), 493-500.
- Dassey A. y Theegala C. (2012). Evaluating coagulation pretreatment on poultry processing wastewater for dissolved air flotation. **Journal of Environmental Science and Health** 47 (13), 2069-2076.
- Del Nery V., Damianovic M., Domingues M. y Zaiat, M. (2008). Granules characteristics in the vertical profile of a full-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor treating poultry slaughterhouse wastewater. **Bioresource Technology** 99 (6), 2018-2024.
- Del Nery V., Nardi I., Damianovic M., Pozzi E., Amorim A. y Zaiat M. (2007). Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant. **Resources Conservation & Recycling** 50 (1), 102-114.
- Divakaran R. y Pillai S. (2002). Flocculation of river silt using chitosan. **Water Research** 36 (35), 2412-2418.
- EPA, Agency Protection Environmental. (2002). Development document for the proposed effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products industry point source category. (40 CFR: 432). EPA-821-B-01-007. Washington DC USA.
- Fuentes L., Contreras W., Perozo R., Mendoza I. y Villegas Z. (2008). Uso del quitosano obtenido de *Litopenaeus schmitti* (Decapoda, Penaeidae) en el tratamiento de agua para el consumo humano. **Multiciencias** 8 (Extraordinario), 281-287.
- Ikeda E., Rodrigues G. y Nozaki J. (2002). Treatment of effluents of poultry slaughterhouse with aluminum salts and natural polyelectrolytes. **Environmental Technology** 23 (8), 949-954.
- Martínez J., Borzacconi L., Mallo M., Galisteo M. y Viñas M. (1995). Treatment of slaughterhouse wastewater. **Water Science & Technology** 32 (12), 99-104.
- Miranda L., Henriques J. y Monteggia L. (2005). A full-scale UASB reactor for treatment of pig and cattle slaughterhouse wastewater with a high oil and grease content. **Brazilian Journal of Chemical Engineering** 22 (4), 601-610.
- Mittal G. (2006). Treatment of wastewater from abattoirs before land application- a review. **Bioresource Technology** 97 (9), 1119-1135.
- Nardi I., Fuzi T. y Del Nery V. (2008). Performance evaluation and operating strategies of dissolved-air flotation system treating poultry slaughterhouse wastewater. **Resour. Conserv. Recy.** 52 (3), 533-544.
- Renault F., Sancey B., Bodot P. y Crini G. (2009). Chitosan for coagulation/flocculation process- An eco-friendly approach. **European Polymer Journal** 45 (5), 1337-1348.
- Rojas C., Rincón N., Díaz A., Colina G., Behling E., Chacín E. y Fernández N. (2008). Evaluación de una unidad de flotación con aire disuelto para el tratamiento de aguas aceitosas. **Revista Técnica** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia 31 (1), 50-57.
- Sena R., Moreira R. y José H. (2008). Comparison of coagulants and coagulation aids for treatment of meat processing wastewater by column flotation. **Bioresource Technology** 99 (17), 8221-8225.
- Trujillo A. y Herrera L. (1995). Developing a dissolved-air pilot flotation unit. Evaluation of the design parameters. **Revista Técnica** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia 18 (3), 343-354.