

Eficiencia de coagulantes durante el tratamiento de aguas residuales de la industria avícola en un sistema de flotación

Mayra Sánchez, Yaxcelys Caldera y Edixon Gutiérrez

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

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

Resumen

Los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) proporcionan efluentes de excelente calidad y son ampliamente usados en el tratamiento primario de las aguas residuales de industrias avícolas (ARIA) para remover aceites y grasas (A y G), su eficiencia de la flotación incrementa con la adición de coagulantes. En esta investigación se evaluó la eficiencia de la aplicación de los coagulantes sulfatos de aluminio (SA), policloruro de aluminio (PAC) y quitosano, en un sistema de DAF, para el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola. Las muestras de aguas residuales se recolectaron a la entrada de la unidad de flotación que integra el sistema de tratamiento de una industria avícola ubicada en el estado Zulia, Venezuela. Se trabajó con una unidad de 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 y SST antes y después del tratamiento, a presiones de 30, 40 y 50 psi, variando los porcentajes de recirculación del efluente en 20 %, 30 % y 40 %, sin coagulante y con la adición de los coagulantes SA, PAC y QC. El sistema de DAF resultó ser eficiente para remover A y G de las ARIA con y sin la adición de coagulantes. Los coagulantes mejoraron la remoción de DQO y SST. Un análisis de costos, permitirá seleccionar las mejores condiciones de operación para el tratamiento de las ARIA, en función de las necesidades de la industria avícola del Zulia.

Palabras clave: DAF; flotación; coagulantes; aguas residuales; industria avícola.

Efficiency of coagulants during the treatment of wastewater from poultry industry in a flotation system

Abstract

Systems dissolved air flotation (DAF) provide effluent of excellent quality and are widely used in the primary treatment of wastewater from poultry industries (WPI) to remove oils and fats (O & G), their efficiency of flotation increasing with the addition coagulants. In this research the efficiency of the application of coagulants aluminum sulfate (AS), aluminum polychloride (PAC) and chitosan (QC), a DAF system, for treating wastewater from poultry industries was evaluated. The wastewater samples were collected at the entrance of the flotation unit that integrates the system for processing a poultry industry in Zulia state, Venezuela. We worked with a DAF unit with capacity of 4 L in the float chamber and 2 L in the tank pressurization. parameters O & G, COD and TSS previously determined and after treatment, at pressures of 30, 40 and 50 psi, varying percentages recirculation of the effluent in 20 %, 30 % and 40 %, without coagulating and adding coagulants AS, PAC and QC. The system proved to be efficient DAF to remove O & G of WPI with and without the addition of coagulants. Coagulants improved removal of COD and TSS. A cost analysis, allow you to select the best operating conditions for the treatment of WIP, depending on the needs of the poultry industry of Zulia.

Keywords: DAF; flotation; coagulants; wastewater; poultry industry.

Introducción

Las aguas residuales provenientes de las industrias cárnicas, son abundantes debido a que se requiere un gran volumen de agua en las distintas etapas del proceso, para mantener la limpieza y garantizar la calidad del producto; estas aguas contienen altos niveles de materia orgánica, sólidos suspendidos, fósforo, nitrógeno, aceites y grasas, además del característico color rojizo por la presencia de sangre. Estas aguas son altamente contaminantes, pueden agotar el oxígeno disuelto de un cuerpo de agua receptor, causar destrucción de la fauna, producir olores desagradables y facilitar el desarrollo y la propagación de enfermedades (Al-Mutairi y col., 2008; Sena y col., 2008, Rahman y col., 2014).

Debido a los problemas de contaminación que pueden producir las aguas residuales de las industrias avícolas (ARIA), se hace necesario su tratamiento antes de la descarga a la red de alcantarillado o cuerpo de agua receptor. Uno de los principales problemas en los trenes de tratamiento, con este tipo de aguas, es la presencia de aceites y grasas en altas concentraciones que provocan averías en las bombas, obstrucciones en los

aspersores de los lechos y formación de capas flotantes, colaboran con el desarrollo de organismos filamentosos y dificultan el tratamiento por ello se requiere que el tratamiento primario permita la remoción de los mismos eficientemente (Del Nery y col., 2007).

En este sentido, uno de los tratamientos ampliamente usados en las plantas de tratamiento para remover aceites y grasas es la flotación con aire disuelto (DAF), ya que permite remover en menor tiempo las partículas pequeñas con menor densidad (Nardi y col., 2008). Además, cuando los sistemas de DAF integran una secuencia de tratamiento pueden mejorar la calidad de las aguas residuales para su reutilización (Herrera y col., 2014). 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 DQO; y su eficiencia podría incrementarse agregando coagulantes, alcanzando remociones superiores al 90% para estos parámetros (Dassey y Theegala, 2012).

También es recomendable durante el tratamiento la presurización de la recirculación, ya que con el reciclo total los flocúlos podrían romperse en la bomba (Bahadori y col., 2013). Algunas investigaciones han demostrado que los sistemas de DAF son eficientes para remover A y G durante el tratamiento de aguas residuales complejas (Sena y col., 2008), además remueven hidrocarburos (De Turrís y col., 2011; Fernández y col., 2015) y ciano bacterias (Pera do Amaral y col., 2013). También se ha demostrado su eficiencia durante el tratamiento de aguas provenientes de la fabricación de papel (Miranda y col., 2013), de diferentes aguas de abastecimiento y procesos nucleares (Ortiz y col., 2012) y como pretratamiento para aguas de mar (Shutova y col., 2016).

La planta de tratamiento de aguas residuales de la industria avícola (ARIA), objeto de estudio, cuenta con un sistema de tratamiento diseñado para cumplir con los valores establecidos en las normas venezolanas para la descarga a redes cloacales (Gaceta Oficial, 1995). Sin embargo, en los últimos años ha presentado problemas con el sistema de flotación utilizado para la remoción de aceites y grasas, en el que los % de remoción promedio son inferiores al 4 % (Caldera y col., 2010a). Por esta razón, se plantea la sustitución del sistema de flotación actual (flotación por aire disperso) por un sistema de flotación DAF, como alternativa para el tratamiento eficiente de las ARIA.

Se ha demostrado que la adición de coagulantes antes de los procesos de flotación permite un aumento considerable de la eficiencia de los mismos, sobre todo en las aguas residuales con altos contenidos de grasas (De Turrís y col., 2011; Younker y Wals, 2014; Caldera y col., 2014). Cuán eficiente es un coagulante frente a otro varía dependiendo de las características del agua a tratar y del sistema de tratamiento empleado (Ikeda y col., 2010). Es por ello, que esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la aplicación de los coagulantes sulfatos de aluminio (SA), policloruro de aluminio (PAC) y quitosano, en un sistema de DAF, para el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola.

Metodología

Toma de muestras

Las muestras de agua residual se recolectaron, durante seis meses de evaluación, en la entrada de una unidad de flotación por aire disperso, que integra el sistema de tratamiento de una industria avícola ubicada en el estado Zulia, Venezuela. Las unidades del sistema de tratamiento son: tamiz rotatorio, unidad de flotación de A y G, 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 ARIA (Caldera y col., 2010b).

Equipo experimental

El equipo de DAF utilizado en esta investigación (Figura 1) 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. 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, un recipiente de llenado para introducir el reciclo (6) y una válvula (7) para la entrada del reciclo.

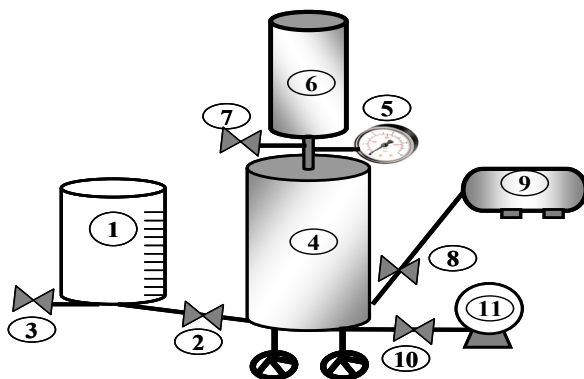


Figura 1. Equipo de flotación por aire disuelto (DAF) utilizado en esta investigación.

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 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.

Coagulantes

Los coagulantes seleccionados fueron sulfato de aluminio (SA), policloruro de aluminio (PAC) y quitosano comercial (QC). Para las pruebas con sulfato de aluminio, se dispuso SA en forma líquida a concentración de 50 % p/v, a partir de la cual se preparó 1 litro de una solución de 10000 mg/L, y se realizaron las diluciones necesarias para alcanzar las concentraciones de 240, 280, 320, 360 y 400 mg/L. En el caso de las pruebas con PAC se contó con una solución al 25 % p/v, preparando una solución patrón de 10000 mg/L, probando las concentraciones de 220, 240, 260, 280 y 300 mg/L.

Con respecto al quitosano, se trabajó con una muestra 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). Se evaluaron las concentraciones de quitosano de 160, 180, 200, 220 y 240 mg/L. Después de las pruebas de coagulación se seleccionaron las concentraciones óptimas de los coagulantes, resultando 280, 240 y 220 mg/L para SA, PAC, y QC, respectivamente.

Procedimiento

Se realizaron ensayos en el sistema de DAF 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 20 %, 30 % y 40 %, se trabajó sin y con coagulante. El afluente utilizado durante la operación fue de 4 L, con volúmenes de reciclo de 800, 1200 y 1600 mL para 20 %, 30 % y 40 %, respectivamente.

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 fisicoquímicos. 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 la concentración óptima del coagulante (SA, PAC o QC). La evaluación de las condiciones se realizó por triplicado.

Eficiencia del sistema de DAF

Para evaluar la eficiencia del sistema se determinaron los parámetros A y G, DQO y SST antes y después del tratamiento en el sistema de DAF, según métodos estándar (APHA, AWWA, WCF, 1998). Las concentraciones de A y G se determinaron por duplicados, mientras que el resto de los parámetros se realizaron por triplicados.

Los valores obtenidos se sometieron a un análisis estadístico descriptivo calculando la media, mediana y desviación estándar, con la finalidad de evaluar la reproducibilidad de los resultados. También se determinó la correlación a nivel de significancia entre los parámetros, empleando el programa estadístico comercial STATGRAPHICS Centurion

XVI. En la caracterización de las ARIA los valores representan el promedio de las muestras simples con su respectiva desviación estándar.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se muestran las características fisicoquímicas de las aguas residuales a la entrada del separador de aceites y grasas, de la industria avícola. Las ARIA se caracterizaron por presentar alto contenido de materia orgánica (DQO: 2446,6 mg/L), sólidos en suspensión (SST: 542,6 mg/L y SSV: 478,4 mg/L) y grasas (A y G: 485,1 mg/L), así como concentraciones de nitrógeno y fósforo (N: 122,3 mg/L y P: 14,7 mg/L).

La calidad del efluente de un matadero puede variar significativamente dependiendo de varios factores operativos, tales como tamaño de la planta de procesamiento de aves de corral, el número de aves sacrificadas, la eficiencia de la captura de la sangre y la gestión del agua utilizada en el proceso industrial (Del Nery y col., 2007). Algunas características similares son reportadas en plantas de procesamiento avícola de otros países, tales como: DQO, SST, A y G de 1958 mg/L, 1121 mg/L y 576 mg/L, respectivamente (Ikeda y col., 2010).

Tabla 1. Características de las aguas residuales de la industria avícola.

Parámetro	Máximo	Mínimo	Promedio ± Desviación
DQO (mg/L)	4740	1135	2446,6±624,6
A y G (mg/L)	570,9	340,9	485,1±91,2
SST (mg/L)	718	330	542,6±115,3
SSV (mg/L)	672	304	478,4±105
NTK (mg/L)	124,4	70,5	122,3±36,63
P total (mg/L)	20,9	11,2	14,7±3,6
Color (UC Pt/Co)	6530	2670	4663,9±886
Turbidez (UNT)	1230	380,5	791±124,4
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	269	162	214,4±21,1
Temperatura (°C)	25	20,3	22,8±2
pH	7	6,6	6,8±0,2

En la Figura 2, se presentan los porcentajes de remoción alcanzados para el parámetro fisicoquímico A y G, evaluado durante las pruebas de flotación en el sistema de DAF, a las presiones de 30, 40 y 50 psi, con recirculaciones de 20 %, 30 % y 40 %, sin la adición de coagulantes. Se observa que a las presiones de 40 y 50 psi el incremento del reciclo disminuyó la remoción de A y G. También se destaca que para todas las

presiones la mayor remoción se obtiene con el 20 % de recirculación. Las remociones de A y G, en el sistema DAF sin la adición de coagulantes variaron entre 87 % y 97 %, la máxima remoción se obtuvo para la condición 20 % de reciclo y 40 psi, con una concentración residual de 15,3 mg/L de A y G.

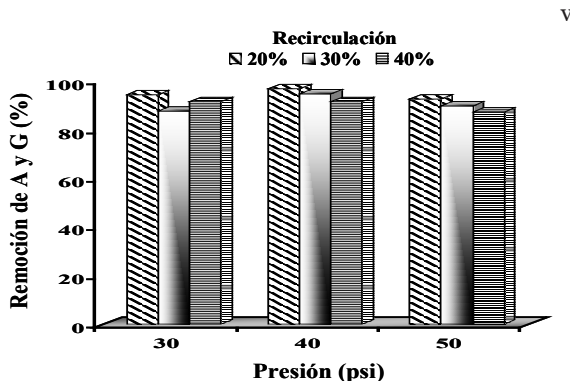


Figura 2. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema DAF, sin adición de coagulantes.

Resultados inferiores obtuvieron otros investigadores. Al-Mutairi y col. (2008), reportaron remociones de A y G del 84 % en un sistema de DAF, empleando una recirculación del 15 % y una presión de 150 psi, tratando aguas residuales de matadero. Por su parte, Del Nery y col. (2007) encontraron porcentajes de remoción A y G del 57 %, emplearon un sistema de DAF, sin adición de coagulantes y con presurización completa de todo el efluente cárnico.

A las diferentes condiciones de operación del DAF hubo limitada capacidad para la remoción de DQO, sin la adición de coagulante; con rangos de remoción entre el 19 % y el 51 %. Por otra parte, la variación de la presión y el incremento del porcentaje de recirculación no tuvieron influencia directa en la remoción de DQO. A las condiciones de 40 psi y 20 %, para las cuales se obtuvieron mayores remociones del parámetro A y G; la remoción de la DQO fue superior el 35 %, considerándose apropiada para unidades de tratamiento primario, puesto que se mejora la eficiencia de las unidades posteriores (Sena y col., 2008; Mittal, 2006).

Asimismo, se obtuvieron rangos de remoción de SST entre el 7 % y el 47 %, la mayor remoción se obtuvo con las condiciones de 50 psi y 20 % de reciclo. Estos resultados son mayores a los obtenidos por otros autores, quienes reportaron remoción de SS del 37 % en un sistema DAF sin adición de coagulantes y con presurización completa del efluente (Sena y col., 2008).

En la Figura 3, se observa el comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF a las diferentes condiciones de operación, después de la adición de SA a las

ARIA. El SA permitió obtener un rango de remoción de A y G de 85 % a 98 %, similar al alcanzado sin la adición de coagulantes. Las concentraciones de A y G disminuyeron a valores de 11,2 mg/L después del tratamiento.

La máxima remoción de A y G (98 %) en el sistema de DAF se obtuvo trabajando a condiciones de 40 psi y 30 % de reciclo. No se observó un comportamiento regular durante los cambios de las condiciones de operación. Sólo se apreció una tendencia al incremento de la remoción de A y G cuando se aumentó el porcentaje de recirculación a la presión de 30 psi. Mientras que, el incremento de la presión favoreció la remoción de A y G cuando se trabajó con 20 % de reciclo.

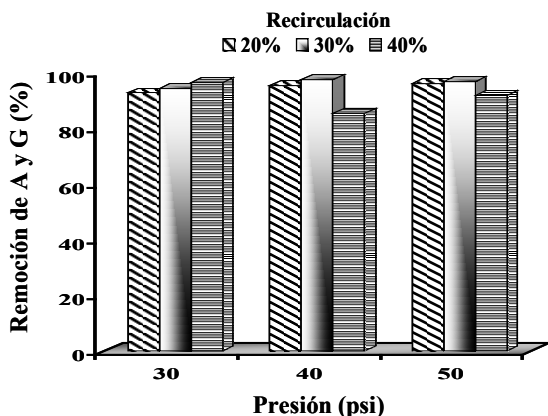


Figura 3. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema DAF, con la adición del coagulante sulfato de aluminio (SA).

Estos resultados son inferiores a presentados por Al-Shamrani y col. (2002), quienes reportan 99,3 % de remoción de A y G en un sistema de DAF operado a 80 psi, con el 10 % de recirculación, y la adición de 100 mg/L de SA, en aguas aceitosas.

La adición de SA mejoró la eficiencia de remoción de DQO entre un 42 % y 67 %, obteniendo valores en un rango de 86 % a 93 %, con concentraciones residuales de DQO entre 255 y 480 mg/L. Considerando la condición de operación a la que se obtuvo la máxima remoción de A y G en el DAF con adición de SA (40 psi y 30 % reciclo), se logró remover el 91 % de la DQO. Valor superior al reportado por El-Gohary y col. (2010), quienes emplearon una dosis de SA mayor (700 mg/L) en un sistema de DAF, y alcanzaron una remoción de DQO del 77,5 %, cuando trataron aguas residuales de menor carga, provenientes de fabricación de productos para el cuidado personal.

Por otra parte, se obtuvieron remociones de SST en el rango de 69 % a 86 %, lo que representa un incremento entre el 38 % y 61 % con respecto a la obtenida en el DAF sin la adición de coagulantes. Para las condiciones donde se obtuvo la máxima remoción del parámetro (A y G), se observó una remoción del 83 % de SST. Resultados

ligeramente inferiores al 88,7 % reportado por El-Gohary y col. (2010), cuando utilizaron una dosis de SA aproximadamente tres veces superior a la empleada en esta investigación, en un sistema de DAF.

En la Figura 4, se observa el comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF con PAC. La adición de este coagulante permitió alcanzar remociones de A y G en un rango de 91 % a 97 %, las concentraciones de A y G disminuyeron a valores inferiores a 16 mg/L después del tratamiento.

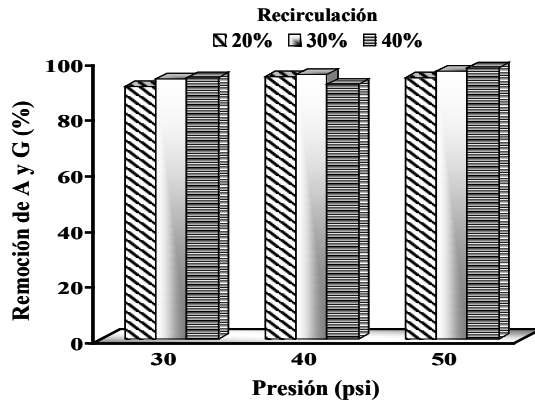


Figura 4. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema DAF con la adición de policloruro de aluminio (PAC).

La mejor remoción para A y G, se obtuvo con la condición de operación de 50 psi y 40 % reciclo, alcanzando el 97 %. Se observó un comportamiento regular para las presiones de 30 psi y 50 psi, en las que la remoción de A y G aumentó conforme se incrementó el reciclo. La adición del PAC mejoró considerable la eficiencia del DAF para la remoción de DQO, lográndose más del 40 % para las diversas condiciones de recirculación y presión, con relación al sistema de flotación sin coagulantes, resultando remociones entre 79 % y 90 %.

Con la condición de 50 psi y 40 % de recirculación, también se consiguió la máxima remoción de DQO (90 %), lo que permite establecer que para el PAC, a estas condiciones además de aumentarse la remoción de A y G, se logra mejorar la remoción de DQO en las ARIA.

El sistema de DAF con el coagulante PAC removió entre 69 % y 86 % de SST, lo que representa un aumento significativo de la remoción de SST que cuando no se adición ningún coagulante. Nardi y col. (2008) presentaron resultados similares a los obtenidos en esta investigación, durante el tratamiento de ARIA en sistema de DAF con PAC. Reportan remociones de A y G del 99 % y SS de 74 % a condiciones de 65,2 psi y 40 % de recirculación.

En la Figura 5, se observa el comportamiento de la remoción de A y G en el sistema de DAF con quitosano; las remociones de A y G variaron en un rango de 92 % al 98 %, mientras que las concentraciones remanentes de A y G disminuyeron a valores de 7,6 mg/L después del tratamiento.

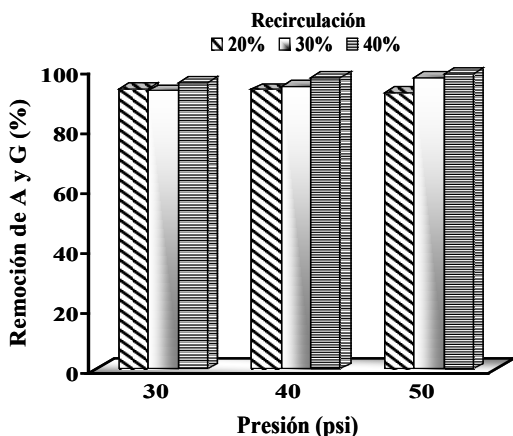


Figura 5. Comportamiento de la remoción de A y G en el sistema DAF con el coagulante quitosano (QC).

Se observó un comportamiento regular para las presiones de 40 psi y 50 psi, en las que la remoción de A y G aumentó con el incremento del reciclo. La mejor remoción para A y G (98 %) se obtuvo con la condición de operación de 50 psi y 40 % reciclo, este resultado es superior al 81 % de remoción de A y G, reportado por Sena y col. (2008) después de agregar polímeros aniónicos a aguas de matadero en un sistema de flotación. La adición de quitosano al DAF, permitió alcanzar eficiencias de remoción de DQO entre 81 % al 91 %, obteniendo la mayor remoción a la condición en la que se dio la máxima remoción de A y G (50 psi y 40 % de reciclo).

La aplicación de quitosano como coagulante, removió desde el 67 % al 82 % de los SST presentes. A la presión de 50 psi y 40 % de recirculación, se alcanzó el 80 % de remoción de los SST. Dichos resultados son superiores a los reportados Miranda y col. (2013), donde las remociones de DQO y SST fueron inferiores al 30% durante el tratamiento de aguas de la fabricación de papel en un sistema de DAF con quitosano. Indicaron que el alto costo de quitosano podría ser compensada por las dosis más bajas necesaria para obtener los mismos resultados que los obtenidos con los productos convencionales.

Los resultados antes descritos evidencian la influencia de la adición de QC como coagulante al sistema DAF, potencia considerablemente la remoción de parámetros adicionales a los A y G. Por su parte, Caldera y col. (2014) trabajaron con ARIA con

altas concentraciones de A y G (1905mg/L) aplicando quitosano como coagulante, en el mismo equipo de flotación, y encontraron que la condición de operación que arrojó mejores resultados fue 40 psi y 40 % de recirculación, removiendo 68,9 %, 71,2 % y 95,9% de A y G, SST y DQO, respectivamente, demostrando que el quitosano mejora la eficiencia del sistema de DAF.

En la Tabla 2, se presentan de manera resumida las remociones de A y G alcanzadas a las diversas condiciones de operación del sistema de DAF, sin y con la adición de los coagulantes (SA, PAC y QC); en esta Tabla se evidencia que el sistema DAF es altamente eficiente para la remoción de A y G presentes en las ARIA, alcanzando remociones entre 85 % y 98 %.

Por lo antes expuesto, se puede plantear una condición óptima que permita una alta remoción de A y G, con mínimos requerimientos del porcentaje de reciclo y de presurización del efluente, ya que estos se traducen en ahorros económicos, energéticos y de espacio, como la disponibilidad y costo de los coagulantes, el consumo de energía y el tamaño de los equipos.

Tabla 2. Remoción de A y G después del tratamiento en el sistema de DAF con y sin la adición de coagulantes para las diferentes condiciones de presión y recirculación.

Presión \ Reciclo	30 psi			40 psi			50 psi		
	20%	30%	40%	20%	30%	40%	20%	30%	40%
Sin Coagulante	94	88	92	97	95	92	93	90	87
SA	93	94	97	96	98	85	96	97	92
PAC	91	93	94	95	95	92	94	96	97
Quitosano	93	93	96	93	94	97	92	97	98

SA: Sulfato de Aluminio. PAC: Policloruro de aluminio

Con relación a las remociones de DQO y SST, cuando se adicionaron los coagulantes SA, PAC y QC, estas se encontraron en los siguientes rangos de 88 %-93 %; 79 %-90 %; 81 %-91 % y de 75 %-86 %; 60 %-79 % y 67 %-82 %, respectivamente. Resultados que demuestran que la adición de coagulantes al sistema de DAF mejora la clarificación del efluente. Según el programa estadístico, las condiciones optimizadas con los resultados de esta investigación son: presión de 40 psi, recirculación del 30 % y SA como coagulante. A estas condiciones, la remoción de los parámetros A y G, DQO y SST, fueron de 98 %, 91 % y 83 %, respectivamente.

Al comparar los resultados obtenidos de manera global en el sistema de DAF, sin y con la adición de los coagulantes; se puede observar que la adición de coagulantes permite un aumento significativo en la remoción de parámetros adicionales como DQO y SST, lo que podrían facilitar el tratamiento y acortar los tiempos de retención

en las unidades posteriores del tren de tratamiento si se adicionan coagulantes al sistema de DAF.

Conclusiones

El sistema de flotación por aire disuelto (DAF) es eficiente para remover entre 85 % y 98 % de A y G de las aguas residuales de la industria avícola (ARIA), con y sin la adición de coagulantes.

Con la adición de los coagulantes sulfato de aluminio (SA), policloruro de aluminio (PAC) y quitosano (QC) se obtuvieron remociones considerablemente altas de DQO y SST (superiores al 65 %), presentándose como una alternativas si se desean remover las concentraciones de estos parámetros.

Un análisis de costos, permitirá seleccionar las mejores condiciones de operación para el tratamiento de las ARIA, en función de las necesidades de la industria avícola del Zulia, considerando aspectos económicos, energéticos y espacio, como disponibilidad y costo de los coagulantes, el consumo de energía y el tamaño de los equipos.

Agradecimiento

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

Referencias bibliográficas

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, 167-175.

Al-Shamrani A., Jamesa A. y Xiao H. (2002). Destabilisation of oil-water emulsions and separation by dissolved air flotation. *Water Research* 36, 1503-1512.

APHA, AWWA, WCF. (1998). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 18th Ed. Washington DC, USA.

Bahadori A., Zahedi G., Zendejboudi S. y Bahadori, M. (2013) Estimation of air concentration in dissolved air flotation (DAF) systems using a simple predictive tool. *Chemical Engineering Research and Design* 91, 84-190.

Caldera Y., Gutiérrez E., Albarrán H., Navarro P. y Sánchez M. (2014). Quitosano como coagulante en un sistema de flotación durante el tratamiento de aguas residuales de un matadero de aves. *Impacto Científico* 9 (2), 215-227.

Caldera Y., Gutiérrez E., Luengo M., Chávez J., Ruesga L. (2010b). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica FCV-LUZ XX* (4), 409-416.

Caldera Y., Gutiérrez E., Ruesga L., Fuenmayor M., Quiroz C. y Oñate H. (2010a). Sistemas de flotación para aguas residuales de un matadero de aves. *Multiciencias 10* (Extraordinario), 55-60.

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.

De Turrís A., Yabroudi S., Valbuena B., Gutiérrez C., Cárdenas C., Herrera L. y Rojas C. (2011). Tratamiento de aguas de producción por flotación con aire disuelto. *Interciencia*, 36 (3), 211-218.

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.

El-Gohary F., Tawfik A. y Mahmoud U. (2010) Comparative study between chemical coagulation/precipitation (C/P) versus coagulation/dissolved air flotation (C/DAF) for pre-treatment of personal care products (PCPs) wastewater. *Desalination* 252, 106-112.

Fernández D., Suárez A., Díaz M., Rivas L., Cañete C., Romero R., Teuteló R., Miller S. y La Maza N. (2015). Obtención de parámetros óptimos en la operación de flotación por aire disuelto. *Revista CENIC Ciencias Químicas* 46, 38-44.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5021. (1995). Normas Para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Extraordinaria. Lunes 18 de diciembre de 1995. Decreto 883. Venezuela.

Herrera L., Flores P., Mejías P., Vargas L., Cárdenas C., Araujo I., Del Villar N. y Delgado J. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas para su potencial reutilización industrial. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 48 (2).

Ikeda E., Rodríguez D. y Nozaki J. (2010). Treatment of Effluents of Poultry Slaughterhouse with Aluminum Salts and Natural Polyelectrolytes. *Environmental Technology* 23, 949-954.

Miranda R., Nicu R., Latour I., Lupei M., Bobu E. y Blanco A. (2013). Efficiency of chitosans for the treatment of papermaking process water by dissolved air flotation. *Chemical Engineering Journal* 231, 304-313.

Mittal G. (2006). Treatment of wastewater from abattoirs before land application-a review. *Bioresource Technology* 97, 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". *Resources, Conservation and Recycling* 52 (3), 533-544.

Ortiz H., Flores R., Jiménez H., Jiménez M. y Cruz D. (2012). Dissolved air flotation for treating wastewater of the nuclear industry: preliminary results. *Radioanal Nucl Chem.* 292, 957-965.

Pera do Amaral P., Coral L., Nagel-Hassemer M., Belli T. y Lapolli F. (2013). Association of dissolved air flotation (DAF) with microfiltration for cyanobacterial removal in water supply. *Desalination and Water Treatment*, 51 (7-9), 1664-1671.

Rahman U., Sahar A. y Khan M. (2014). Recovery and utilization of effluents from meat processing industries. *Food Research International* 65(C), 322-328.

Santo E., Vilar V., Botelho C., Bhatnagar A., Kumar E. y Boaventura A. (2012) Optimization of coagulation–flocculation and flotation parameters for the treatment of a petroleum refinery effluent from a Portuguese plant. *Chemical Engineering Journal* 183, 117-123.

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.

Shutova Y., Lal Karna B., Hambly A., Lau B., Henderson R. y Le-Clech P. (2016). Enhancing organic matter removal in desalination pretreatment systems by application of dissolved air flotation. *Desalination* 383, 12-21.

Younker J. y Walsh M. (2014). Bench-scale investigation of an integrated adsorption–coagulation–dissolved air flotation process for produced water treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2, 692–697.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

 **mpacto** *Científico*

Revista Arbitrada Venezolana
del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago

Vol. 12. N°1 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en junio 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