

EFFECTO DE ADITIVOS SOBRE LA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

EFFECT OF ADDITIVES ON COAGULATION AND FLOCULATION IN WASTEWATER TREATMENT

Gerandy Rodríguez, Quiliano Contreras Rubio

Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. UNESUR, Laboratorio de Química, Santa Bárbara de Zulia- Venezuela
quiliano@gmail.com

Recibido: 08-01-19

Aceptado: 03-03-19

Resumen

Uno de los principales problemas de las plantas procesadoras de aceites de origen vegetal, es la de reciclar el agua empleada durante el proceso en el mejor estado posible, por lo tanto es importante realizar estudios para optimizar la purificación de esas aguas en las plantas de aguas residuales (PTAR), tratar de mejorar la efectividad de estas plantas sin acarrear un alto costo que incida sobre el precio final de los productos que se obtienen en esas plantas, por lo que en este trabajo se propuso evaluar el efecto de la coagulación y floculación por aditivos químicos en el tratamiento de aguas residuales. Se comparó la actividad del Sulfato de Aluminio que es el aditivo comúnmente utilizado, contra un Polímero Aniónico, así como la sustitución de la cal hidratada por la soda cáustica, lo que permitió comparar la relación costo- producción de agua de buena calidad. Los resultados obtenidos, indican que, a pesar de los altos costos de algunos reactivos, la utilización del Sulfato de Aluminio permite una mejor ruptura de la emulsión, que los Polímeros de prueba.

Palabras clave: Coagulación, floculación, sulfato de aluminio, polímeros aniónicos.

Abstract

One of the main problems of oil processing plants of vegetable origin, is to return the water used in the whole process in the best possible state, therefore it is important to carry out studies to optimize the purification of those waters in the plants of wastewater (PTAR), try to improve the effectiveness of these plants without incurring a high cost that affects the final price of the products obtained in the vegetable oil processing plants, so in this work, it was proposed to evaluate the effect of coagulation and flocculation by substance additives in wastewater treatment. The activity of Aluminum Sulphate, which is the commonly used additive, was compared against an Anionic Polymer, as well as the substitution of hydrated lime by caustic soda, which allowed to compare the cost-production relation of good quality water. The results obtained indicate that despite the high costs of some reagents, the use of Aluminum Sulphate, allows a better breakdown of the emulsion, than the test Polymers.

Keywords: Coagulation, flocculation, aluminium sulphate, anionic polymers

Quiliano L. Contreras Rubio, Doctor en Química Aplicada (ULA), Profesor Titular de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Adscrito al PFC Ingeniería de Alimentos, Santa Bárbara de Zulia, Estado Zulia, Venezuela. e-mail: quiliano@gmail.com **Gerandy Rodríguez**, Ingeniero de Alimentos (UNESUR) Santa Bárbara de Zulia, Estado Zulia, Venezuela. e-mail: gerandypaola@gmail.com

Introducción

Desde el punto de vista industrial debido a la alta productividad en cada empresa se generan grandes cantidades de aguas residuales, en algunos casos pueden tener altas concentraciones de materia orgánica coloidal, aceites y grasas, afectando en gran medida la actividad biológica y el medio ambiente. De acuerdo con esto, se destaca el empleo de la coagulación y floculación, considerado como el método más ampliamente usado para remover sustancias que producen turbidez en el agua [1], estas sustancias generalmente consisten en minerales de arcilla y materia orgánica de diferentes tamaños. En especial, la coagulación-floculación se utiliza como tratamiento primario en efluentes de tenerías para remover el contenido de cromo trivalente antes de someter al agua residual a un tratamiento biológico [2].

En relación a lo señalado, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), ha presentado problemas debido a factores como la descargas de efluentes industriales debido al alto contenido del “soap stock”, que es un subproducto del proceso de refinación del aceite, y este por ser muy denso, afecta directamente a la coagulación y floculación pertenecientes del tratamiento fisicoquímico; por consiguiente, es preciso optimizar parámetros tales como: el pH, turbidez, tipo de coagulante utilizado, entre otros, a fin de cumplir con las normativas legales [3]. La presencia de altos contenidos de materia orgánica en los efluentes industriales, ocasionados por lavados de productos químicos y prácticas de limpiezas en las áreas de producción no adecuadas, trae como consecuencia que la planta opere de forma ineficiente afectando

principalmente al Sistema de Tratamiento Primario o Fisicoquímico [4]. Además del tratamiento primario de coagulación y floculación para eliminar los coloides del seno del agua [1], es necesario agregar partículas más grandes y fácilmente decantables, de tal manera, que los procesos que se consiguieron en los anteriores objetivos son los denominados Coagulación y Floculación [5,6]. De esta manera, el objetivo principal de la investigación es determinar el efecto de suministrar aditivos en una planta de tratamiento de aguas residuales; en la **figura n° 1**, podemos observar el uso del agua dentro de una planta aceitera.

Metodología

- **Toma de la Muestra;** Para realizar las pruebas de jarras fue necesario llenar baldes con efluente para la medida de pH y posteriormente comenzar con las corridas y adición de los aditivos químicos.

- **Dosis Óptima:** Para lograr la dosis óptima, una vez conocido el valor del pH del efluente, se prosiguió con la adición del sulfato de aluminio hasta llevar el pH a 5,0 y se registraron los valores del volumen utilizado, lográndose la ruptura de la emulsión. Seguidamente se adicionó la cal hidratada para neutralizar el efluente, dejando el pH en 7,0 para proseguir con la adición del polímero y permitir la ocurrencia del proceso coagulación-floculación

- **Comparaciones:** Una vez obtenidas las notas de volúmenes utilizados de la dosis óptima, se iniciaron las corridas en pruebas de jarras con otros tipos de coagulantes para comparar los ml utilizados, y el efecto que causaba; si igual o mejor que el sulfato de aluminio. Utilizando también el polímero para flocular.

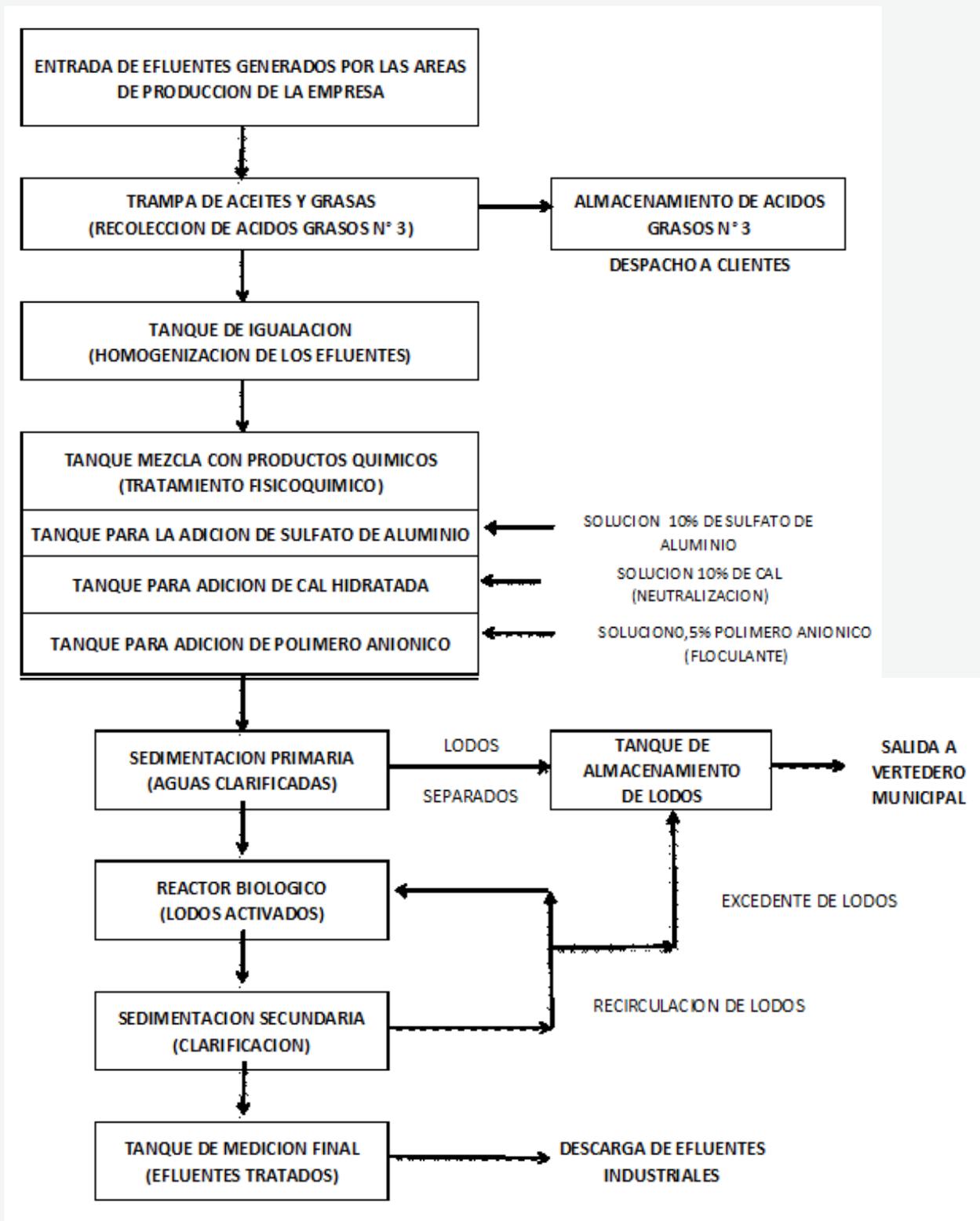


Fig. 1.- Diagrama de Flujo del Proceso de Tratamiento de aguas residuales en una planta productora de aceite vegetal.

TABLA N°1, Optimización de coagulante, neutralizante y floculante en muestras

	SULFATO DE ALUMINIO		H2SO4		CAL@10%		POLIMERO	OBSEVACION
	Vol (ml)	pH	Vol (ml)	pH	Vol	pH	Vol (ml)	
MUESTRA 1	15	5,54	4,9	7,5	1	9,08	4	Buena floculacion con pequeños solidos en
	10	5,7	3,5	6,7	4 gotas	7,65	4	Floculos pequeños y mala
	7	6,44	2,8	7,26	4 gotas	9,88	4	Sin cambio de muestra inicial
	13	5,6	3	7,06	4 gotas	7,8	4	Mala sedimentacion y
	14	5,12	3	6,92	7 gotas	7,54	4	Buena floculacion
	14	5,24	3	6,68	-	5,24	4	Buena floculacion
	14	8,52	-	-	-	-	4	Sin observaciones
	25	6,92	-	-	-	-	4	Dosificacion optima
	20	7,4	-	-	-	-	4	Mala floculacion y muy
MUESTRA 2	6	3,5	27,9	6,98	1	5,89	4	
	5,2	6,49	25	8	1	6,5	4	
	6	5,99	25	8	1	6,62	4	
	6	3	59	7,14	3	5,64	4	
	7	4,3	57	7,11	6	6,34	4	Dosis optima
MUESTRA 3	4,5	4,19	-	-	0,3	7,5	4	
	4	5,23	-	-	0,3	7,56	4	
	3	5,53	-	-	0,3	8,23	4	
	3	4,86	-	-	0,3	7,32	3	Buena sedimentacion y
	3	5,62	-	-	0,3	7,01	2	Dosis optima
MUESTRA 4	1,2	4,62	-	-	12	7,01	4	Solidos suspendidos
	2	4,14	-	-	12	7,01	4	
	1	4,86	-	-	3	7,83	4	
	2	4,35	-	-	3	7,65	4	
	1,5	4,64	-	-	3	8,25	4	
	1,5	4,72	-	-	3	7,73	3	Dosis optima
MUESTRA 5	1,1	5,06	-	-	1	7,39	4	Turbidez
	2	4,24	-	-	2	6,92	4	
	1,5	4,88	-	-	2,5	7,58	4	
	2,5	4,17	-	-	3,5	7,1	4	
	2,5	4,23	-	-	3,5	7,26	3	Buena sedimentacion
	2,5	4,35	-	-	3,5	7,8	2	Buena floculacion y
	2,5	4,92	-	-	3,5	7,12	1	Dosis optima

Resultados:

En los primeros muestreos se presentan las dosificaciones de coagulantes, neutralizantes y floculantes que se deben mantener para llevar a cabo un adecuado control del proceso operativo de la planta de tratamiento, indicando el pH óptimo de operación, esto con el fin de reducir el consumo de productos químicos a lo largo de todo el proceso de tratamiento. Se observa a través del pH que, en el primer muestreo, el agua de entrada al proceso tenía un pH = 10,65 (el cual es el pH promedio de las 3 medidas realizadas a las aguas tomadas durante el primer muestreo), luego se añadió ácido sulfúrico para neutralizar la solución llevándolo a un pH de 6,92 con 3ml.

El producto de la soda cáustica y soap stock que utiliza la refinería para los mantenimientos y limpiezas de tuberías y equipos de producción, efluentes que son enviados a la PTAR, provocan la desestabilización del proceso fisicoquímico, por lo cual es de gran importancia realizar los ensayos de simulación de pruebas de jarras a estos tipos de efluentes que son muy comunes en la PTAR ya que la refinería realiza frecuentemente sus planes de mantenimiento a las áreas de producción. En estos ensayos se muestra que con la

adición del sulfato de aluminio ocurre una mejor ruptura de la emulsión, a un valor de pH óptimo de 5,12 y un consumo de sulfato de aluminio moderado (14 ml), por lo cual estas condiciones fueron adoptadas para la adición de solución 10 % cal hidratada. Durante el muestreo se observa que la muestra que tuvo mejor comportamiento fue aquella que contenía 0,389 ml de cal, debido a que el pH alcanzó un valor de 7,5, permitiendo determinar la masa adecuada de los sólidos, lo cual significa una ligera clarificación del agua; posterior a ello, estas condiciones permitieron la adición de solución polímero aniónico. En esta corrida se observó que la muestra tuvo un buen comportamiento, presentando buena clarificación del agua, mayor tamaño en los flóculos y la velocidad de sedimentación fue la apropiada. Por tal razón, una vez seleccionada, para determinarle los parámetros fisicoquímicos establecidos para comprobar la efectividad en el tratamiento de los efluentes industriales de la empresa, se ratificó la eficiencia del ensayo de prueba de jarra, se comparó con los otros tipos de floculantes con otras corridas hasta obtener la dosis óptima de los mismos; alcanzando así de todos los floculantes similitud en los resultados, tal como se puede apreciar en la Figura 2.

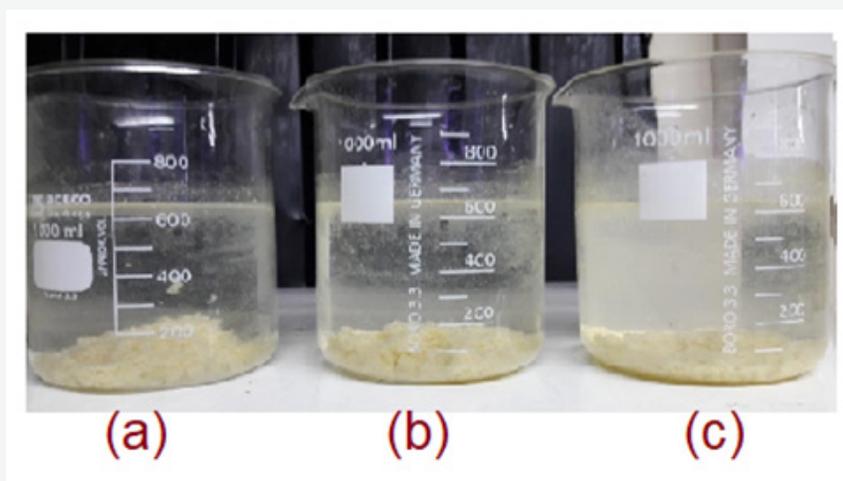


Fig 2.- Comparación de los distintos floculantes utilizados. (a) Sulfato de Aluminio, (b) Cal, (c) Polímero aniónico

En otra serie de muestreos, se observó que el tratamiento se realizó en un medio ligeramente ácido ($\text{pH} = 5,87$); estos son los efluentes que generalmente se manejan en la entrada de la PTAR cuando en las áreas productivas utilizan la soya y la palma como materia prima para la obtención de margarinas y aceites comestibles, a diferencia que cuando se procesa palma, la cual genera efluentes con mayores cargas orgánicas y coloidales.

Durante este muestreo, se procesó soya en las áreas productivas de la empresa. En el desarrollo de dicho muestreo, y durante la realización de los ensayos de prueba de jarra, se adicionó sulfato de aluminio para llevar el pH a un valor cercano a 5,6, para lograr la ruptura de la emulsión, a pesar de que el pH estaba dentro del rango establecido en la primera etapa. Con la adición de 3 ml de sulfato de aluminio se observó que la muestra sufrió una mejor ruptura de

emulsión y alcanzó un valor de pH óptimo para lograr las condiciones apropiadas; ésta se utilizó para comenzar la adición de la solución 10 % cal hidratada. En esta corrida se observó que el agua de la muestra que presentó mejor comportamiento con la adición de 0,3 g de cal hidratada, se tornó más clara y con mayor peso en los sólidos para, bajo esas condiciones, proceder con la adición de solución polímero aniónico.

En esta etapa se observó que la muestra con los parámetros establecidos en los ensayos de prueba de jarra, con la adición de 2 ml de polímero aniónico, fue la dosis óptima, la cual presentó mejor clarificación del agua, mayor tamaño en los flóculos, mejor velocidad de sedimentación y mayor volumen de lodos sedimentados, tal como se puede observar en la figura 3, siendo la jarra que se le adicionó el polímero aniónico la de la derecha.

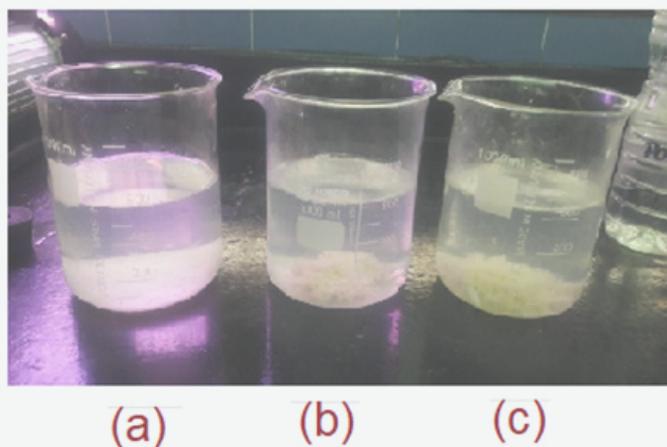


Fig 3.- Pruebas de jarras composición de (a) solución 10% de cal, (b) 0,3 g de cal hidratada, (c) solución de 2 ml del polímero aniónico.

Durante el tercer muestreo, se obtuvo un efluente de pH ligeramente ácido con alta carga de materia orgánica y coloidal ($\text{pH} = 6,06$) debido a que se estaba procesando palma para la obtención de grasas, margarinas y aceites comestibles, siendo éste el pH obtenido cuando se procesa con la palma, lo que causa dificultad para los operadores poder controlar el proceso fisicoquímico; para ello, la adición de 1,5ml de sulfato de aluminio llevó el

pH a 4,72 para conseguir la ruptura de la emulsión, pudiéndose así continuar con la adición de la cal hidratada para obtener un pH de 7,73 utilizando 3ml para conseguir que el agua se tornara más clara y con mayor peso de los sólidos; permitiendo estas condiciones la adición del polímero aniónico en cantidad de 3ml para obtener una floculación correcta con mejor velocidad de sedimentación, tal como se observa en la figura 4.

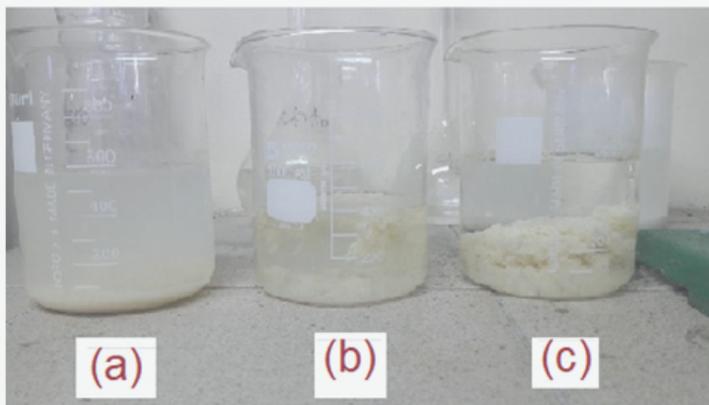


Fig. 4.- Pruebas de jarras sustituyendo la cal hidratada por soda caustica.
 (a) Cal hidratada, (b) cal solida, (c) Polímero aniónico.

Para lograr el segundo objetivo, para obtener dichos resultados se realizaron de igual forma pruebas de jarra con los efluentes que entraban a la planta realizando los mismos análisis, excepto el uso de la cal hidratada por soda cáustica; en la cual solo varía la dosis a utilizar dependiendo del pH, materia

Para lograr el segundo objetivo, para obtener dichos resultados se realizaron de igual forma pruebas de jarra con los efluentes que entraban a la planta realizando los mismos análisis, excepto el uso de la cal hidratada por soda cáustica; en la cual solo varía la dosis a utilizar dependiendo del pH, materia orgánica y coloidal que contenga el efluente. Mediante los análisis por observaciones se

orgánica y coloidal que contenga el efluente. Mediante los análisis por observaciones se demuestra que la soda no permite clarificar el agua y deja ciertos solidos suspendidos sin tener una total sedimentación, a diferencia de las muestras que se le adiciona cal hidratada que se observaba clarificación inmediata permitiendo una total sedimentación lo que aporta pesadez

demuestra que la soda no permite clarificar el agua y deja ciertos solidos suspendidos sin tener una total sedimentación, a diferencia de las muestras que se le adiciona cal hidratada que se observaba clarificación inmediata permitiendo una total sedimentación lo que aporta pesadez a los sólidos.

Conclusiones

Mediante la evaluación del efecto de sustitución del sulfato de aluminio por un polímero aniónico como coagulante, se pudo conocer que, al lograr la dosis óptima, se puede tratar el efluente con los respectivos valores de pH y lograr los objetivos del tratamiento físico-químico.

La observación de los efluentes de entrada a la planta realizándoseles los mismos análisis, excepto el uso de la cal hidratada por soda cáustica; en la cual solo varia la dosis a utilizar dependiendo del pH, materia orgánica y coloidal que contenga el efluente, permitió hacer una evaluación comparativa.

Mediante los análisis por observaciones se demostró que la soda no permite clarificar el agua y deja ciertos solidos suspendidos sin tener una total sedimentación, a diferencia de las muestras que se le adiciona cal hidratada, en las cuales se observó una clarificación inmediata permitiendo una total sedimentación, lo cual aporta pesadez a los sólidos, sin embargo, comparando el grado de acidez o basicidad de ambas, se obtiene el valor de pH óptimo del efluente ya que ello se usa, con el mismo fin de neutralizar el efluente, para seguir con el proceso de la planta.

Agradecimiento:

A la planta del Consorcio Oleaginoso Portuguesa S.A. COPOSA, por permitir el uso de su planta de tratamiento de aguas residuales, para el desarrollo de este trabajo, al igual que al Ing. Rafael Pinto, por su oportuna orientación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Arias, M. Memoria Descriptiva del Proceso Físicoquímico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa COPOSA. Acarigua: Venezuela. (2002).
2. Andía, Y. Tratamiento de agua, coagulación floculación. Lima. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico, SEDEPAL, S.A. (2000).
3. Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021 del 18/12/1995. Decreto presidencial 883. Normas para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.
4. Metcalf, y Eddy Ingeniería de las aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3ra. Ed. España: McGraw-Hill. (1995).
5. Ortiz, V. Evaluación y análisis del sistema de dosificación de policloruro de aluminio en la planta potabilizadora Alejo Zuloaga. Trabajo de Grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. División de Postgrado. Maracaibo, Venezuela. (2011).
6. Cegarra, D. Tratamiento físico-químico en efluentes de una tenería provenientes de un tratamiento biológico. Trabajo de Grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. División de Postgrado. Maracaibo, Venezuela. (2011).