



## EVALUATION OF COAGULANTS AS ALTERNATIVE OF REMOVAL OF PHOSPHORUS IN THE SYSTEM EFFLUENT POLISHING LAGOON SALGUERO DE VALLEDUPAR

## EVALUACIÓN DE COAGULANTES COMO ALTERNATIVA DE REMOCIÓN DE FOSFORO EN EL PULIMIENTO DEL EFLUENTE DEL SISTEMA LAGUNAR SALGUERO DE VALLEDUPAR

*Ramírez, L. F.<sup>1</sup> Sierra, L. F.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Msc. Luis Francisco Ramírez Hernández. Profesor Asociado,  
Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de  
Ingenierías y Tecnológicas, Universidad Popular del Cesar,*

*e-mail: luisfranciscoramirez@unicesar.edu.co*

*<sup>2</sup>Msc. Lorena Felicia Sierra Cuello. Profesor Asociado,*

*Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ingenierías y  
Tecnológicas, Universidad Popular del Cesar,*

*e-mail: lorenasierra@unicesar.edu.co*

**Universidad Popular del Cesar**

Campus Universitario. Valledupar, Cesar, Colombia.  
Tel: 5847194 Ext. 1125

### **Abstract**

The research presented here aims to evaluate the removal of phosphorus using coagulants in processes of sedimentation in effluents of stabilization ponds that treated sewage from the municipality of Valledupar, this was analyzed a sample of residual water from the effluent from the system the Salguero de Valledupar-Cesar sewage lagoon. We used three types of coagulants (ferric chloride, Poli-Aluminio chloride, aluminum sulfate) to improve the quality of the effluent through scale tests Laboratory batch type, the mounting system was developed in the laboratories of





environmental engineering and health of the Popular University of Cesar

## Resumen

La investigación que se presenta a continuación tiene como objetivo evaluar la remoción de fosforo utilizando coagulantes en procesos de sedimentación en efluentes de lagunas de estabilización que tratan las aguas residuales del municipio de Valledupar, para ello fue analizada una muestra de agua residual proveniente del efluente del sistema lagunar de aguas residuales el Salguero de Valledupar-Cesar. Se utilizaron tres tipos de coagulantes (Cloruro Férrico, Cloruro de Poli-Aluminio y Sulfato de Aluminio) para mejorar la calidad del efluente a través de pruebas a escala laboratorio tipo batch, el montaje del sistema fue desarrollado en los laboratorios de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

**Key words:** coagulating agent, polishing, removal, phosphorus.

**Palabras claves:** Coagulantes, Pulimiento, Remoción, Fosforo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades de carácter antropogénico, domesticas, industriales e institucionales generan una gran cantidad de aguas residuales, en nuestro país solo el 25% reciben tratamiento. Los efluentes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales domesticas, presentan concentraciones de nutrientes tales como fosforo, componente causante de la eutrofización en las corrientes de agua.

Dado que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes; estos elementos son los nutrientes más importantes. El fósforo es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos.

Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural.

La coagulación es un proceso aplicado para la desestabilización de impurezas coloidales y disueltas, produciendo flóculos grandes que pueden ser removidos por procesos de sedimentación (Gao *et al.*, 2002).

Recientemente ha cobrado importancia el tratamiento primario de las aguas residuales con coagulantes, denominado Tratamiento Primario Avanzado – TPA (Escobar *et al.*, 2003), esta tecnología ha sido implementada en países de Europa, Asia, Norteamérica y Latinoamérica, presentando beneficios





económicos y ambientales con respecto a otras alternativas de tratamiento para descontaminación de aguas residuales (Suárez, C.; Navia, P. 2007); Sin embargo es necesario realizar estudios de laboratorio que aporten información para la implementación de esta tecnología en procesos de pulimiento en situaciones específicas desde el punto de vista de las condiciones operacionales y la dosificación de coagulantes.

La planta de tratamiento de aguas residuales Estación Salguero ubicada en Valledupar, Colombia, descarga su efluente en el río Cesar, este ha presentado valores de turbidez entre 8 y 18 mg/lit (EMDUPAR, 2011). En esta investigación se evaluó la eficiencia de coagulantes químicos cloruro férrico, sulfato de aluminio y policloruro de aluminio (PAC) en la remoción de fósforo en efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

## 2. MARCO TEÓRICO

Las unidades de pulimiento en el tratamiento de aguas residuales pretenden remover sustancias que no han sido removidas en las etapas de tratamiento convencional, como el fósforo, nitrógeno, micro-contaminantes, sólidos suspendidos y materia orgánica aun remanentes.

La eliminación y el control de los nutrientes presentes en el agua residual son importantes por diversas razones. Normalmente, es necesaria debido a (1) vertido a cuerpos de aguas receptores confinados, en los que se pueda crear o acelerar el proceso de eutrofización, (2) vertidos a cursos de agua en los que la nitrificación pueda limitar los recursos de oxígeno o en los que puedan proliferar el arraigamiento de plantas

acuáticas, y (3) recarga de aguas subterráneas que puedan ser usadas indirectamente para el abastecimiento público del agua.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### *Preparación del agua residual.*

Las muestras de agua residual se colectaron en el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento Salguero, de Valledupar - Cesar Colombia. Las muestras colectadas se trasladaron al laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

### *Proceso de coagulación*

La evaluación de la coagulación se llevó a cabo utilizando un equipo de prueba de jarras. A los recipientes se les proporcionó una revolución de 100 rpm. Tomando uno de estos como testigo. Al iniciar la mezcla rápida (100 rpm, 1min) se aplicaron los coagulantes químicos; seguidamente se desarrolló la mezcla lenta (40rpm) el agua se dejó flocular por 15 minutos, para finalizar en la fase de sedimentación (10min).

### *Parámetros analizados.*

Los parámetros analizados fueron turbidez, pH, temperatura, fósforo total. Las muestras se analizaron según lo establecido en los métodos estándar (APHA et al., 1998).

Se realizó el análisis de los parámetros a la muestra de agua residual y luego a cada una de las jarras con las diferentes dosis aplicadas hasta completar el tiempo de sedimentación.





### Diseño experimental.

El diseño experimental que se utilizó para el desarrollo de esta investigación fue un diseño de bloques completamente al azar. Se trabajó con bloques o grupos para observar si sus unidades experimentales son homogéneas y representativas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 1.** Caracterización agua efluente sistema lagunar el Salguero.

Caracterización del agua cruda (efluente sistema lagunar el salguero)		
Parámetro	Unidad de Medida	Cantidad
Temperatura	°C	24
pH		7
Turbidez	NTU	66,7
Fósforo	MgP/L	14.75

En el equipo de prueba de jarras se dosificaron diferentes dosis de coagulantes para cada jarra y posteriormente se determinó la dosis óptima y la menos eficiente en la remoción de turbidez.

Las características del agua después de la aplicación del cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) fueron:

**Tabla 2.** Prueba de jarra Cloruro férrico

Jarra	pH antes	Dosis (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH después
Testigo	7,00	0	41,8	7,0
2	7,01	225	0,71	5,6
3	7,00	230	0,69	5,5
4	6,99	235	0,537	5,5
5	6,99	240	0,578	5,4
6	6,99	245	0,661	5,3

Las características del agua después de la aplicación del policloruro de aluminio fueron:

**Tabla 3.** Prueba de jarra Policloruro de Aluminio

Jarra	pH antes	Dosis (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH después
Testigo	7,03	0	43,2	6,9
2	6,97	85	0,846	6,2
3	6,96	90	0,744	6,2
4	7,01	95	1,42	6,1
5	7,02	100	2,54	6,0
6	7,01	105	5,85	6,1

### Sulfato de Aluminio





Las características del agua después de la aplicación del sulfato de aluminio fueron:

**Tabla 4.** Prueba de jarra Sulfato de Aluminio

Jarra	pH antes	Dosis (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH después
Testigo	7	0	44	7,4
2	7,02	75	13,2	4,6
3	6,99	80	11,1	4,8
4	6,98	85	12,8	4,9
5	7	90	9,36	4,9
6	7,01	95	12,2	4,9

El agua cruda tuvo una turbidez de 66,7 NTU, luego de aplicar el tratamiento con los diferentes coagulantes en la prueba de jarra el comportamiento fue diferente para cada uno de ellos como se describe a continuación:

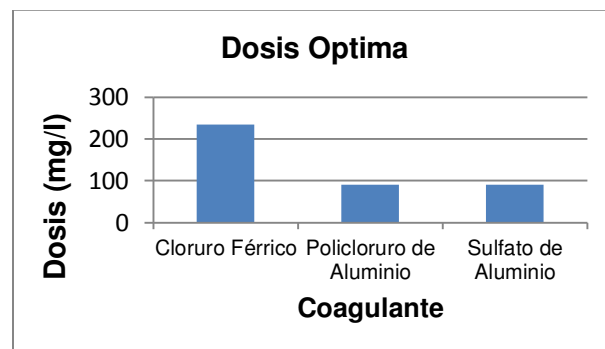
En cada montaje de prueba de jarra para cada coagulante se registraron las dosis con las que se obtuvo la mayor remoción de la turbidez en el agua, con el Cloruro Férrico se produjo una remoción del 99.2%, con el Cloruro de poli-aluminio se registró remoción de turbidez de 98.9% mientras que el coagulante Sulfato de Aluminio alcanzó una remoción de turbidez de 86%.

De igual manera se registraron las dosis con las que se obtuvo la menor remoción de la turbidez en el agua para cada coagulante; para

el cloruro férrico se presentó una remoción del 98.9%, mientras que el poli cloruro de aluminio alcanzó una remoción del 91.23%, superando al sulfato de aluminio que mostró una remoción del 80.2%.

En cuanto al porcentaje de remoción de turbidez de los testigos se evidencia que los valores obtenidos en cada prueba de jarra son similares, para el ensayo con el Cloruro férrico, PAC y Sulfato de aluminio el testigo removió 37.3%, 35.2% y 34% respectivamente.

En esta investigación se pudo observar que la dosis óptima de coagulante aplicada en la prueba de jarra con el cloruro férrico fue una dosis mayor en relación con los demás coagulantes que presentaron dosis similares (ver figura 1).



**Figura 1.** Dosis optima remoción de turbidez

## Remoción de nutrientes

### Fósforo.





**Tabla 5.** Porcentaje de remoción de fósforo.

Tto	Característica de la Muestra	mg/L	%Rem Tto.	% Rem Coa.
Cloruro férrico	Óptima (Menor Turbidez)	9,35	36,6	-8,9
	Dosis Mayor Turbidez	8,65	41,4	-4,2
	Testigo	8,03	45,6	0,0
PAC	Óptima (Menor Turbidez)	8,3	43,7	-1,9
	Dosis Mayor Turbidez	8,8	40,3	-5,3
	Testigo	8,015	45,7	0,0
Sulfato de aluminio	Óptima (Menor Turbidez)	8,9	39,7	-6,1
	Dosis Mayor Turbidez	8,4	43,1	-2,7
	Testigo	8	45,8	0,0

El tratamiento con la dosis óptima de cloruro férrico obtuvo una remoción de fósforo de 36.6%, mientras que el Cloruro de poli-aluminio registró una remoción de 43.7%, superando al sulfato de aluminio que alcanzó porcentajes de remoción de 39.7%.

Se determinó la cantidad de fósforo contenida en los sobrenadantes de la jarra que presentó menor remoción de turbidez para cada coagulante, registrándose una remoción en el tratamiento con cloruro férrico de 41.9%, seguido del poli cloruro de aluminio con

remoción de 40.3% y el sulfato de aluminio presenta la mejor remoción de 43.1% con la dosis menos eficiente en términos de remoción.

Las dosis óptimas para remover turbiedad y fosforo no son necesariamente las mismas aunque una alta remoción de la primera puede coincidir con una buena remoción de la segunda lo que también fue encontrado por Martínez en 1997.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA/AWWA/WEF (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. American Public Health Association / American Water Works Association / Water Environment Federation, Washington, DC.

EMDUPAR, Empresa de Servicios Públicos de Valledupar, Estudio de Caracterización del Agua Residual Afluente y Efluente El Salguero. 2011.

Escobar, R.; Barrios, C.; Torres, L. Tratamiento Primario Avanzado (TPA) de Aguas Residuales – Diagrama de Coagulación Floculación y Variables Operativas. Revista Sanitaria y Ambiental No 78, 2003.

Gao, B., H. Hahn Y E. Hoffmann..Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment. Water Research 36: 3573–3581.2002

Martínez, V. Remoción de materia orgánica con permanganato de potasio. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Unidad Académica De Ingeniería Ambiental, 1997.

Suárez, C.; Navia, P. Aporte a la utilización de agua termal como coagulante en el tratamiento de las aguas residuales municipales. Tesis de especialización en Ingeniería Ambiental con énfasis en Sanitaria. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 2007

