

Artículo científico

## Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación

**Luis Roberto Moscozo Barrios**

Ingeniero Civil, M.Sc. Ingeniería Sanitaria

Trabajo: Consultor individual

Dirección para recibir correspondencia: robertomoscozo@gmail.com

Recibido 11.05.2015 Aceptado 30.09.2015

### Resumen

La región centroamericana posee variedad de polímeros naturales que pueden ser empleados como ayudantes en el proceso de coagulación-floculación, de esta cuenta, se presenta el estudio realizado con el objetivo de sustituir el sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación, realizando pruebas a muestras de agua preparadas en el laboratorio por medio de arcilla caolín. Luego de determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio, fue sustituido proporcionalmente por almidón de yuca. Se logró determinar que se puede sustituir por almidón de yuca un 40%, obteniendo valores de turbiedad al final del proceso de floculación-coagulación iguales o por debajo de las 5 NTU (Limite Máximo Admisible Norma NTG COGUANOR 29001). Esto debido a que el almidón de yuca es un polímero natural (Arboleda et al, (1975)). El trabajo de investigación demostró que desde el punto de vista técnico, si es posible la sustitución del sulfato de aluminio por almidón de yuca, pero al realizar el análisis económico se observa que la aplicación de esta tecnología representaría costos muy elevados tanto desde el punto de vista de producción de la materia prima como los impactos que podría tener en los medios de subsistencia desarrollados en la mayoría de comunidades que viven en pobreza.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad de agua, conservación del agua, polímeros, almidón de yuca, sulfato de aluminio

### Abstract

Central America has variety of natural polymers that can be used as assistants in the process of coagulation-flocculation , of this account, the study with the aim of replacing the aluminum sulphate in the coagulation-flocculation process is presented , by testing water samples prepared in the laboratory by means of kaolin clay. After determining the optimal dose of aluminum sulfate was replaced by cassava starch proportionally. It was determined that it can be replaced by cassava starch 40% , turbidity values obtained at the end of coagulation - flocculation process at or below 5 NTU ( NTG maximum tolerance limits COGUANOR Standard 29001). This because the cassava starch is a natural polymer. (Arboleda et al, (1975)). The research showed that from a technical point of view, if the replacement of aluminum sulfate cassava starch possible, but to make the economic analysis shows that the application of this technology would represent very high costs both in terms of view production of the raw material and the impact it could have on the means of subsistence developed in most communities living in poverty.

**KEYWORDS:** *Water quality, water conservation, polymers, cassava starch, aluminum sulfate.*

## Introducción

Debido a que el almidón de yuca es un polímero natural que puede ser empleado en el proceso de coagulación-floculación se realizó esta investigación, con el fin de determinar hasta qué porcentaje puede ser sustituido el sulfato de aluminio por un coagulante natural, debido a que es un polímero que genera segmentos de amilopectina que ayudan a la generación de *floc*. Luego de aislar el almidón de yuca se procede por medio de la prueba de jarras Norma ASTM D 2035-08 *Standard Practice for Coagulation-Floculation Jar Test of Water*, a obtener la dosis óptima para realizar las sustituciones proporcionales de almidón de yuca por sulfato de aluminio. Obteniendo así que se puede sustituir hasta un 40% el sulfato de aluminio por almidón de yuca, para que la calidad del agua cumpla con el límite máximo permisible referente al parámetro de turbiedad, para la Norma NTG COGUANOR 29001. En Guatemala se han desarrollado investigaciones que han pretendido el empleo de elementos naturales como coagulantes naturales, el estudio realizado por el Ing. Mejía en 1986, que se titula "La utilización de la Moringa Oleífera como coagulante natural", también se han desarrollado investigaciones con el uso de fécula de maíz, por parte del Ing. Morán en 1987, ambas investigaciones utilizan el factor común de que tanto la moringa como la fécula de maíz, son almidones.

## Antecedentes

El uso de polímeros como ayudantes de coagulación y floculación está bastante extendido y es práctica corriente en muchas plantas de tratamiento de agua en Guatemala. Una de las plantas que emplea este tipo de químicos es la planta de potabilización "Lo de Coy", ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala, a cargo de la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA).

El uso de los polímeros no únicamente aborda el uso de estos de forma química, sino también se contempla el uso de polímeros naturales, que a diferencia de los químicos, se encuentran en menores concentraciones en la naturaleza.

Los cuales ofrecen la ventaja que luego del proceso no se determinan trazas de estos, las cuales según investigación pueden llegar a generar enfermedades en los humanos. (Suarez, 1984).

Dichos polímeros se obtienen de una variedad de plantas de fácil acceso en mercados regionales

como el maíz, la papa, la yuca. Generalmente estas son utilizadas con diferentes propósitos, pero podrían servir en muchos casos como excelentes ayudantes en el proceso de coagulación-floculación.

## Metodología

Se desarrolló una investigación experimental con el fin de evaluar hasta qué porcentaje puede ser sustituido el sulfato de aluminio por almidón de yuca de la dosis óptima. Para ello, se utilizó la arcilla llamada caolín, la cual debido a su tamizaje tan fino en agua mantiene partículas en suspensión, que permiten establecer las turbiedades requeridas con valores que van de 0 a 1 000 NTU.

El aislamiento del almidón de yuca, se llevó a cabo según la metodología de Aparicio (2003), en el cual se emplea tubérculos cortados en porciones de aproximadamente 2,0 x 1,2 centímetros, remojándose en un recipiente que contenía un volumen de agua seis veces el peso de la muestra a temperatura de 40 grados centígrados. La yuca picada se molió en una licuadora, hasta su completa desintegración. Ya molida se lavó tres veces con agua a 40 °C, empleando tela tipo manta como tamiz. La fibra retenida en el tamiz se eliminó. El cernido fue recolectado en un recipiente donde se dejó sedimentar durante 3 horas. El sobrante se separó por decantación y el sedimento se dejó reposar en refrigeración durante la noche. La pasta resultante se secó en un horno a 40 grados centígrados por 24 horas, pulverizándose finalmente.

La prueba se desarrolló por medio de la prueba de jarras, según lo establecido en la Norma ASTM D 2035-08 *Standard Practice for Coagulation-Floculation Jar Test of Water*.

Para determinar el número de pruebas se empleó el método 1060B indicado en *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* de la Editorial Díaz de Santos, donde se estableció que para poder tener un nivel de error no mayor al 10%, es necesario que por cada nivel de turbiedad establecido es necesario realizar una corrida mínima de 6 pruebas.

Para determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio, se preparó una solución madre de sulfato de aluminio al 1 %. Se inició el proceso de la prueba de jarras donde a cada jarra se le aplicó diferente dosis de sulfato de aluminio, iniciándose en 50 miligramos por litro, hasta 75 miligramos por litro de esto se determinó que la dosis óptima para el

proceso experimental era de 70 mg/l, ya que al hacer el análisis de los datos se denoto que es la que menos presenta variación en sus datos, manteniéndose un turbiedad residual promedio de 1,20 NTU.

La sustitución de sulfato de aluminio por almidón de yuca se dio, sustituyendo en intervalos del 20% el sulfato de aluminio por almidón de yuca para las diferentes turbiedades, en la tabla No. 1 se establece los porcentajes de sustitución de almidón de yuca por sulfato de aluminio.

**Tabla No. 1 Porcentajes de Sustitución de Almidón por Sulfato**

| Diferentes turbiedades |                              |                               |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Prueba                 | Porcentaje de $Al_2(SO_4)_3$ | Porcentaje de almidón de yuca |
| 0                      | 100 %                        | 0 %                           |
| 1                      | 80 %                         | 20 %                          |
| 2                      | 60 %                         | 40 %                          |
| 3                      | 40 %                         | 60 %                          |
| 4                      | 20 %                         | 80 %                          |
| 5                      | 0 %                          | 100 %                         |

Fuente: Elaboración propia.

La investigación se basó en la siguiente hipótesis: “Es posible sustituir el 40 % de sulfato de aluminio por almidón de yuca en el proceso de coagulación-floculación, logrando los mismos valores de turbiedad al finalizar el proceso”. De esto luego de realizar la fase experimental se logró comprobar que dicha hipótesis se comprueba, ya que como demuestran las tablas 2 y 3, se logró sustituir por más del 40% el sulfato de aluminio por almidón de yuca.

**Tabla No. 2 Porcentajes de Sustitución de Almidón por Sulfato**

| Unidades en NTU         | 0-100 | 100-200 | 200-300 | 300-400 | 400-500 |
|-------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| Turbiedad inicial (NTU) | 82,22 | 148     | 262     | 383     | 451     |
| Turbiedad Final (NTU)   | 03.68 | 1.97    | 2.98    | 4.78    | 4.92    |
| % de Sulfato Sustituido | 80%   | 60%     | 60%     | 60%     | 60%     |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla No. 3 Porcentajes de Sustitución de Almidón por Sulfato**

| Unidades en NTU         | 500-600 | 600-700 | 700-800 | 800-900 | 900-1 000 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Turbiedad inicial (NTU) | 561     | 640     | 735     | 855     | 975       |
| Turbiedad Final (NTU)   | 4.95    | 4.85    | 4.75    | 4.65    | 4.52      |
| % de Sulfato Sustituido | 60%     | 60%     | 60%     | 60%     | 40%       |

Fuente: Elaboración propia.

### Factibilidad técnica y económica del uso del almidón de yuca en el proceso de coagulación-floculación

Antes de determinar y seleccionar al almidón de yuca como opción para el uso de ayudante en el proceso coagulación-floculación, es necesario realizar un análisis de la situación alimentaria de la región o lugar donde se empleará, ya que el uso de la yuca como un agente para el proceso de potabilización de agua podría poner en peligro la situación alimentaria, ya que la yuca se encuentra dentro de la dieta del guatemalteco.

Al realizar el análisis económico según el evento de compra de 5,000 toneladas de sulfato de aluminio,

del mes de febrero de 2014, realizado por EMPAGUA se determinó que el precio de un kilogramo de sulfato de aluminio es de alrededor de Q. 3,75, lo cual indica que con referencia al precio de un kilogramo de yuca este posee un precio de Q. 22.00, pero del kilogramo de yuca se obtienen 0,20 kilogramos de almidón de yuca.

Esto indica que para obtener 1 kilogramos de almidón de yuca se requiere una inversión de Q.110.00, a la cual habría que sumarle el costo de extracción del almidón, por lo tanto se requiere mayor inversión para obtener un kilogramo de almidón de yuca que un kilogramo de sulfato de aluminio.

## Resultados

- a) Para valores de turbiedad de 0 a 100 NTU (Tablas 1) se logra sustituir hasta un 80% del sulfato de aluminio por almidón de yuca, para que la calidad del agua cumpla con el Límite Máximo Permisible referente al parámetro de turbiedad, para la Norma NTG COGUANOR 29001
- b) Al observar la Tabla No. 2, se observa que según la investigación experimental realizada se puede sustituir hasta un 80 % de sulfato de aluminio por almidón de yuca, para que se cumpla el límite máximo permisible, según la Norma NTG COGUANOR 29001, referente al parámetro de turbiedad, el cual corresponde para una turbiedad entre 0 a 100 NTU.
- c) Para valores de turbiedad de 100 a 900 NTU (Tablas 1 y 2) se logra sustituir hasta un 60% del sulfato de aluminio por almidón de yuca, pero a partir de 900 NTU hasta 1 000 NTU se reduce al 40%, para que la calidad del agua cumpla con el Límite Máximo Permisible referente al parámetro de turbiedad, para la Norma NTG COGUANOR 29001.
- d) Para un rango de turbiedad de 900 a 1 000, se puede sustituir hasta un 40% el sulfato de aluminio por almidón de yuca, para que la calidad del agua cumpla con el Límite Máximo Permisible referente al parámetro de turbiedad, para la Norma NTG COGUANOR 29001.

## Conclusiones

El almidón de yuca puede sustituir al sulfato de aluminio hasta un 60 % de la dosis óptima, para lograr valores de turbiedad inferiores a 5 NTU, debido a que este estudio demuestra que es posible

sustituir más de la mitad del sulfato de aluminio de la dosis óptima para obtener valores de turbiedad que cumplen la norma COGUANOR NTG 29001.

El análisis económico arroja como resultado que el kilogramo de yuca es 29.33 veces más caro que el sulfato de aluminio. Esto sin incluir el coste de extracción del almidón. Dentro de la investigación se logró determinar que no existe una industria que se dedique a la comercialización de almidón de yuca en la región, por ende el proceso de extracción del mismo deberá de realizarse de forma artesanal.

## Recomendaciones

No se recomienda el uso del almidón de yuca para uso a gran escala, debido a que el manejo de este producto orgánico es más complejo, como también su vida útil es más reducido, además presenta el inconveniente económico, que el valor del kilogramo de almidón de yuca es 29.33 veces más alto que el del sulfato de aluminio.

El uso de la yuca para la obtención de almidón compete con el de sustento alimenticio, por lo cual se debe sopesar tal situación al momento de ser seleccionado como tecnología para el proceso de coagulación-floculación para la potabilización del agua.

## Referencias

- Arboleda V., Jorge, Castro, María Luisa y Kirchmer, Dr. Cliff J. 1975. Polimeros Naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 205 p.
- Guillen, Juan Manuel Mejia. 1986. La utilización de la Moringa Oleifera como coagulante natural. Guatemala : Estudio Especial, ERIS - USAC -, 65 p.
- Morán, Eddy René Martínez. 1987. El uso de fécula de maiz como una alternativa de ayuda en el proceso de coagulación del agua cuando se emplea el sulfato de aluminio. Guatemala : Estudio Especial, (ERIS-USAC), 102 p.

## Información del autor

Ingeniero Civil, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En el año 2011. MSc en Ingeniería

Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería  
Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala