

REMOCIÓN DE CROMATOS MEDIANTE PARTÍCULAS COLOIDALES COMO AUXILIARES EN UN PROCESO DE COAGULACIÓN

Barrera Nava, Miriam Paola (1), Porras Rangel, Gustavo (2)

1 [Licenciatura Químico, Universidad de Guanajuato] | [miriam_pbn@hotmail.com]

2 [Departamento Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [rangel_porrasgustavo@hotmail.com]

Resumen

La presencia de contaminantes en sistemas acuáticos afecta directamente la calidad del agua para consumo humano, por lo que se ha buscado remediar este problema, siendo el método de coagulación-floculación el tratamiento más utilizado. El objetivo de este trabajo fue determinar del potencial uso de nuevos coagulantes híbridos de alúmina-almidón en el proceso de coagulación-floculación, partiendo desde la síntesis del material híbrido de alúmina-almidón, seguido de una oxidación y su impregnación con magnetita, su caracterización por FTIR así como las pruebas de jarras en las que se midió el porcentaje de remoción de turbidez que presentan los materiales. Se observó que el material híbrido de alúmina con almidón presentaba una mayor remoción de turbidez variando presencia de carbonatos y de cloruros, concluyendo que la presencia de magnetita no tiene una gran influencia en el proceso.

Abstract

The presence of contaminants in aquatic systems directly affects the quality of the water for human consumption; therefore, many solutions to this problem have been suggested where the coagulation-flocculation method is the most used for this purpose. The aim of this work was to examine the feasible application of alumina-starch hybrid coagulants in the process of coagulation-flocculation, starting with the synthesis of the hybrid material, followed by oxidation procedure and its subsequent impregnation with magnetite. The characterization was carried out by FTIR and the coagulation was performed in a jar test system, measuring the percentage of turbidity removal. It was observed that the hybrid material of alumina with starch presented high removal of turbidity, varying the presence of carbonates and of chlorides, concluding that the presence of magnetite showed barely influence in the coagulation process.

Palabras Clave

Coagulantes; floculación; oxohidróxidos de aluminio

INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente. [1]

Algunos de los principales contaminantes son cromo, plomo y arsénico.

Para el tratamiento de este problema de contaminación se utilizan diversos métodos, siendo los más comunes la osmosis inversa, por membranas, precipitación, carbón activado y coagulación-floculación.

La coagulación-floculación es el método más utilizado para el tratamiento de las aguas superficiales, siendo un proceso que consta de dos etapas. En la primera etapa se añade un coagulante, que desestabiliza las partículas suspendidas, para así reducir la fuerza de repulsión entre ellas y favorecer la aglomeración de estas partículas. En la segunda etapa, la floculación, se le añade un floculante, generalmente acrilamidas, que al agitar la masa coagulada previamente permite el crecimiento y aglomeración de las partículas. De esta manera se aumenta el peso de las partículas y permite que sedimenten con mayor facilidad. [2]

Los coagulantes empleados comúnmente son sales de aluminio o hierro, que desestabilizan la carga negativa de las partículas coloidales del agua a tratar. La eficiencia del proceso de coagulación depende de la calidad del agua y de la cantidad y tipo de coagulantes utilizados. [3]

Los factores que influyen en la calidad del agua y por tanto en el proceso son: el pH, las sales disueltas y la turbidez.

El pH está influido por la cantidad de carbonatos que estén presentes en el sistema acuático, esta es la variable más importante en el proceso ya que para cada coagulante existe un rango óptimo de pH para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, esto dependiendo de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua. Las sales disueltas, al igual que los carbonatos, modifican el rango de pH óptimo y también modifican del tiempo requerido para la floculación. [2]

La conductividad está relacionada con la cantidad de sales disueltas en el agua, con altas concentraciones de cloruros la desestabilización de las partículas coloidales se realiza por medio de la adsorción de especies hidrolíticas con carga positiva; la coagulación se lleva a cabo de manera más fácil. La alcalinidad, carbonatos, en sistemas con bajas concentraciones la coagulación es más difícil, ya que el pH disminuye al agregar el coagulante y no permite la formación de hidróxidos. [4]

El objetivo de este proyecto es la determinación del potencial uso de coagulantes híbridos de alúmina en el proceso de coagulación-floculación y su contribución a la captura de especies iónicas contaminantes presentes en sistemas acuáticos, observando el impacto que tienen distintos valores de conductividad en el proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis del material

Síntesis de los coagulantes

Los materiales fueron sintetizados por el método de precipitación, utilizando sulfato de aluminio como precursor, almidón como modificador. El sulfato de aluminio y el almidón fueron disueltos en agua destilada en agitación constante a una temperatura de 60°C por un tiempo de treinta minutos. Posteriormente se adicionó por goteo una solución de hidróxido de sodio hasta la precipitación del sólido. Se separó el material mediante centrifugación, se lavó y secó a una temperatura de 70 °C. Finalmente, se lavó con una solución de peróxido de hidrógeno para la oxidación parcial de la materia orgánica.

Impregnación con magnetita

Se preparó una solución con cloruro de hierro (III) y sulfato de hierro (II) en agua desionizada, disolviendo en agitación constante a 70 °C. Finalizada la disolución, se deja en reposo por 24 horas. Pasado el tiempo, se le adiciona a esta solución el material previamente sintetizado y agita por 15 minutos. Se adiciona por goteo una solución de hidróxido de sodio 5 M hasta la obtención de un precipitado. Este precipitado se separa por centrifugación y se introduce en una estufa a 100 °C hasta sequedad.

Caracterización

Se caracterizaron los materiales obtenidos mediante la técnica de espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y por microscopía electrónica de barrido (SEM). También se realizaron pruebas de coagulación-floculación por el método de jarras.

Método de jarras

Se prepararon suspensiones a base de caolín en una solución conteniendo cloruro de sodio a 4 concentraciones diferentes (0.01 M, 0.001 M, 0.0001 M y 0.00001 M) agitando durante 4 horas. Una vez pasadas las 4 horas, se deja sedimentar y se mide la turbidez inicial. Se ajusta el pH a un valor de 6 y se adicionó una cantidad determinada de coagulante al sistema con agitación de espas a una velocidad de 120 rpm durante 3 minutos. Una vez pasado ese tiempo, se agrega poliacrilamida como floculante y se mantiene en agitación por 30 minutos a 45 rpm. Se dejan sedimentar los flóculos durante 20 minutos y se mide la turbidez final.

Se prepararon también suspensiones a base de caolín en una solución conteniendo cloruro de sodio a una concentración de 0.01 M y también conteniendo carbonato de sodio a 4 concentraciones diferentes (0.1 M, 0.01 M, 0.001 M y 0.0001 M) y se siguió el procedimiento anterior. Realizando titulación de carbonatos para observar cambios en las concentraciones al inicio y final del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales sintetizados se nombraron como: alúmina con almidón oxidado (AAIO), alúmina con almidón oxidado y magnetita (AAIOM). La caracterización por FTIR mostró señales de grupos hidroxilo alrededor de 3450 cm^{-1} , para el enlace Al-O se puede apreciar a 1110 cm^{-1} , para la oxidación aparece señales de grupos carbonilo alrededor de 1650 cm^{-1} , esto por la oxidación del almidón. El material impregnado con magnetita mostró señales en 880 cm^{-1} y 610 cm^{-1} ,

correspondientes a enlace Fe-O. Los espectros se pueden observar en la figura 1.

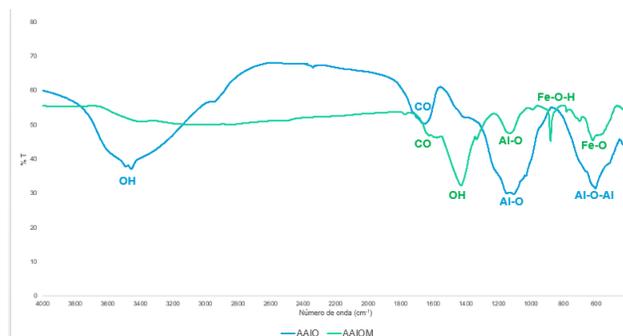


IMAGEN 1. Espectro FTIR de AAIOM (verde) y AAIO (azul)

Para las microscopías SEM, incluidas en la imagen 2, en ambos materiales no se observan diferencias claras, resultando que la impregnación con magnetita no presenta cambios en la morfología de las partículas.

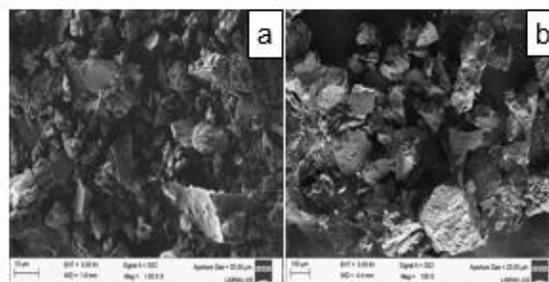


IMAGEN 2. Microscopías SEM a) AAIO, b) AAIOM

Prueba de jarras

La turbidez permite tener una idea de la cantidad de sólidos disueltos en el agua, que es lo que interesa remover. Para cuantificar la reducción de turbidez, se midió la turbidez al inicio y al final del método, esto con las diferentes concentraciones de cloruro de sodio para observar el comportamiento del proceso variando la conductividad y de carbonato de sodio para observar la variación de alcalinidad.

En la tabla 1 se muestran los valores de conductividad obtenidos durante las pruebas de jarras a distintas concentraciones de cloruros.

Concentración de NaCl (N)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)
0.01	1205.5
0.001	124.9
0.0001	23.5
0.00001	11.02

Tabla 1. Valores de conductividad observados con NaCl

En el gráfico de la imagen 3 se observa que el material sin impregnar presenta mejores porcentajes de remoción de turbidez para los diferentes valores de conductividad, obteniendo valores de remoción cercanos al 96%.

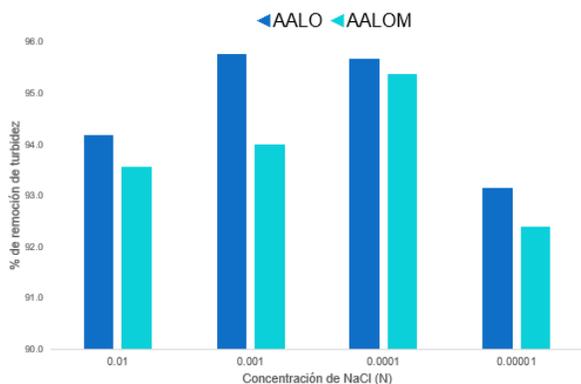


IMAGEN 3. Gráfico de remoción de turbidez con cloruros.

De igual manera el material sin impregnar presenta una mayor remoción en solución con carbonatos, siendo ésta mayor al 98%, como se observa en la imagen 4.

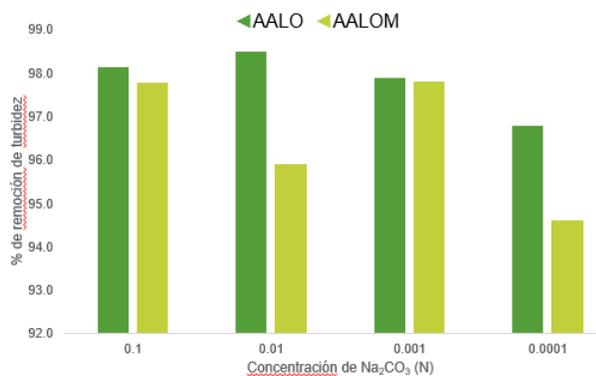


IMAGEN 4. Gráfico de remoción de turbidez con carbonatos.

Para las pruebas con carbonatos se realizaron titulaciones al inicio y al final del proceso, para así poder observar la remoción de carbonatos, obteniendo que la remoción de carbonatos era de hasta 80% para el material sin magnetita (AAIO) y para el material impregnado a remoción más alta fue del 50%.

Se compararon los flóculos conseguidos de las pruebas con cloruros y carbonatos, como se muestra en la imagen 5. Obteniendo en las pruebas con carbonatos unos flóculos más blancos, de mayor tamaño y a un tiempo menor, es decir, un mejor resultado.

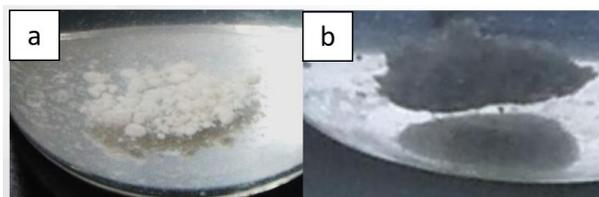


IMAGEN 5. Flóculos de pruebas con a) cloruros y b) carbonatos

Resultando así que para las pruebas de cloruros, a mayores valores de conductividad la remoción de turbidez no era tan alta y la menor conductividad la remoción de turbidez era aún más baja, quedando a porcentajes de remoción del 93%. Siendo así los valores de conductividad que mejores resultados arrojaron los que se encontraban en un rango medio.

En el caso de los carbonatos se observó una buena remoción de turbidez a altas y medias concentraciones. Hubo remoción de carbonatos de hasta 80% a concentraciones intermedias. La adición de carbonatos ayudó a la floculación, pues ésta se daba en un tiempo menor y permitió la formación de flóculos más grandes.

CONCLUSIONES

La conductividad y la presencia de carbonatos en el proceso de coagulación-floculación son factores que afectan a este tratamiento. En este trabajo se obtuvieron como resultados que, al tener conductividad a valores intermedios, la coagulación se daba en un menor tiempo. También la adición de carbonatos ayudó al proceso, permitiendo una rápida formación de flóculos y de mayor tamaño, permitiendo que la separación de los flóculos sea más sencilla.

Se obtuvieron mejores resultados con el material híbrido sin impregnar con magnetita (AAIO). Por lo que se concluye que la adición de magnetita no tiene un gran impacto en la remoción de turbidez en presencia de cloruros y carbonatos.

Como perspectiva está pendiente determinar la capacidad de estos materiales para remover cromatos presentes en la misma suspensión de partículas de caolín, para determinar su potencial aplicación en el tratamiento de aguas industriales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por permitirme participar en este programa. Por aceptarme y guiarme en el transcurso de la estancia al Dr. Gustavo Rangel Porras y su equipo de trabajo, especialmente a Fátima Arias Ruiz.

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud, (2016), Agua, 17/07/2017. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>

[2] Andía Cardenas Yolanda, Tratamiento De Agua Coagulación Y Floculación, SEDAPAL, 2000, Capítulos III y IV.

[3] Organización Mundial de la Salud, (2004) Guidelines for drinking-water quality vol. 1: recommendations (3rd ed), 17/07/2017, Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/drinking/guide3.html>

[4] Barrenechea Martel Ada, Coagulación, (2004), 18/07/2017. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual1/tomol/kuatro.pdf>