

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es evaluar la factibilidad técnica de la remoción de cobre y amonio en agua, mediante la aplicación de materiales de intercambio iónico elaborados a partir de un jal minero de cobre. La tesis se constituye de 5 capítulos, referencias y anexos; los cuales se enlistan a continuación: Capítulo 1 Introducción; Capítulo 2 Estudio Bibliográfico; Capítulo 3 Metodología Experimental; Capítulo 4 Resultados y Discusión; y Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones.

En el Capítulo 1 (Introducción) se presenta la información necesaria para determinar la problemática asociada a los residuos mineros de cobre específicamente a los jales, su producción y algunos accidentes que han ocurrido con estos residuos. También se plantea una opción de tratamiento, debido a que por las características fisicoquímicas de estos residuos, pueden servir para sintetizar materiales de intercambio y realizar la remoción de cobre y amonio en agua. En el capítulo también se plantea la hipótesis, el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo realizado.

En el capítulo 2, se expone un análisis de la información relacionado con: definición de jal de cobre, procesos de generación de jales de cobre, cifras de producción de jales, características fisicoquímicas de los jales, normatividad aplicable a jales mineros y la reutilización de jales mineros. Además, se presenta la información más importante relacionada con el proceso de intercambio iónico: definición, mecanismo, parámetros de influencia, intercambiadores iónicos, síntesis de materiales de intercambio y aplicaciones.

En el capítulo 3 se describe la metodología experimental aplicada en este trabajo. Los incisos que constituyen este capítulo son: material y reactivos utilizados, sistemas y técnicas experimentales empleadas para la preparación de materiales de intercambio con jales mineros de cobre, pruebas de remoción de cobre y amonio con los materiales sintetizados, y las técnicas analíticas empleadas en las pruebas de caracterización. Las principales etapas del estudio experimental de este trabajo son tres: I. Caracterización del jal minero de cobre, II. Preparación de materiales de intercambio iónico con un jal minero de cobre y III. Realización de pruebas de remoción de metales y amonio en agua con el material de intercambio iónico preparado. En la primera etapa se aplicaron las siguientes técnicas analíticas para caracterizar dos tipos de jales: difracción de rayos X (DRX) para detectar las fases mineralógicas presentes en el jal minero; Fluorescencia de Rayos X (FRX) para determinar el contenido de óxidos; espectrómetro de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) para detectar el contenido total de metales analizados y la lixiviación de metales de los jales. En la segunda etapa se realizó la síntesis de varios materiales de intercambio a partir de dos jales mineros de cobre, empleando el proceso hidrotermal a diferentes concentraciones de NaOH. En la tercera etapa, se realizaron pruebas de remoción de cobre y amonio con los materiales preparados a partir de los jales mineros de cobre.

El capítulo 4 presenta la discusión de los resultados obtenidos en las tres etapas experimentales de este estudio. Dentro de los principales resultados de la caracterización fisicoquímica de los jales mineros de cobre empleados, se tienen los siguientes: las fases principales identificadas en ambos jales, aplicando la técnica de DRX, fueron cuarzo (SiO_2), caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e hidroxilatos de potasio, magnesio y aluminio. Estas fases son las que comúnmente se encuentran presentes en las materias primas utilizadas para elaborar materiales de intercambio iónico. En el estudio de FRX, los óxidos más abundantes para los dos jales fueron: SiO_2 (67.3%), Al_2O_3 (20.1 %) y K_2O (4.1%). La relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ es de 6.15, valor adecuado para sintetizar una zeolita (material de intercambio iónico) tipo Faujasita. Con base en los resultados anteriores se estimó que los dos jales mineros presentaban un alto potencial para ser utilizados como materia prima para la síntesis de materiales de intercambio iónico. El contenido de metales en los jales se hizo para determinar los metales que pueden interferir en la formación de materiales de intercambio y los que representan un riesgo de contaminación para el ambiente. Los metales que determinaron en mayor cantidad fueron el Fe, Cu y Al, pero no representarían interferencia en el proceso de síntesis de zeolitas. Los contenidos de los metales tóxicos (As, Ba, Cd, Pb y Se) en los jales fueron inferiores a las concentraciones límites establecidas en la NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos.

Por último se presentan los resultados de las pruebas de remoción de cobre y amonio con todos los materiales de intercambio preparados y se comparan los resultados con los obtenidos con una zeolita natural. El más eficiente material de intercambio sintetizado (JIII MZ1) alcanzó un porcentaje de remoción de amonio de 80.4 % en un tiempo de 1.5 horas. Este valor fue similar al obtenido con una zeolita natural (82.3 %). Para la remoción del cobre el mejor material sintetizado (JIII MZ2) removió 97.99% del metal, superando a la zeolita natural que removió 87.79%. Los materiales JIIMZ1 y JIIIMZ2 presentaron en su composición mineralógica a la zeolita tipo faujasita.

Finalmente, en el Capítulo 5 con base en estos resultados, se concluyó que los jales mineros de cobre se pueden utilizar en la elaboración de materiales de intercambio iónico para la remoción de amonio y cobre en agua.