

REMOCIÓN DE As Y Cd POR MEDIO DE ZEOLITA: NATURAL Y TRATADA

Alvarado González Andrea Jaqueline, Campos Trujillo Alfredo, Abin Bazaine Andres

1. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son elementos cuya densidad supera los 5 g cm⁻³. Muchos elementos se incluyen en esta categoría, pero el As, Cd, Pb, Zn, Hg y Cu, son los que tienen relevancia en el contexto ambiental. Los metales pesados causan efectos adversos a la salud (Barakat, 2011). Existen diversos tratamientos para la eliminación de metales pesados. La mayoría de estos presentan elevados costos de operación y mantenimiento, siendo la adsorción el método más factible desde el punto de vista técnico y económico. Las zeolitas naturales han sido estudiadas como material adsorbente debido a su bajo costo y alta capacidad de adsorción.

Las zeolitas son estructuras tridimensionales de SiO⁴⁺ y AlO⁴⁺. El aluminio ocupa la posición central del tetraedro de los átomos de oxígeno y el reemplazo de Si⁴⁺ por Al³⁺ produce una carga negativa. La carga negativa se equilibra por cationes, que son intercambiados por elementos como Pd, Cd, Zn, As y Mn. Los iones intercambiables de las zeolitas son inocuos y los hace adecuados para eliminar metales pesados de aguas industriales (Erdem, Karapinar, & Donat, 2004).

El pretratamiento de zeolitas con ácidos causa desaluminación a través de hidrólisis de uniones Al-O-Al y Si-O-Al, formando sitios de intercambio iónico. Con un tratamiento ácido mejora sus propiedades de adsorción (Paul, Dynes, & Chang, 2017). En las zeolitas hay una relación Si/Al para cada una de ellas. Cuando esta se modifica de la proporción establecida, se forman especies de aluminio fuera de la estructura, lo que aumenta la capacidad de adsorción (González, Cesteros, & Salagre, 2011).

El objetivo del presente estudio fue realizar una comparación de la remoción de As y Cd por medio de una zeolita natural y con tratamiento ácido para determinar la factibilidad de la remoción de los metales ya mencionados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Preparación de la Zeolita

El material utilizado se obtuvo de un yacimiento de la Ciudad de Aldama, Chihuahua, México. Se trituró y se cribó, utilizándose la que paso por la malla de 2 mm. Se utilizaron dos tipos de muestras, una de ellas no se le realizó ningún tratamiento (natural), a la cual se le nombra zeolita sin tratamiento (Z S/T), otra muestra se sometió a un tratamiento con ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado por inmersión durante 24 horas, a la cual se le nombra zeolita tratada (Z C/T).

2.2. Preparación de Soluciones

Para la preparación de los estándares de As y Cd se utilizaron soluciones certificadas marca High-Purity Standards (No. Catálogo: As-10003-1 y Cd-10008-1).

2.3. Pruebas de Adsorción

Se realizaron dos experimentos con 3 repeticiones. A un volumen de 100 ml se le agrega 1 g de zeolita. Se agitó en un agitador automático (Shaking Incubator 51-600) a 160 rpm. El pH se ajustó al rango óptimo obtenido del diagrama de concentración de especies de Cd-As en solución acuosa (Figura 1), el rango fue de 4.5-5. Los valores se ajustaron con hidróxido de sodio (NaOH) y ácido nítrico (HNO₃). Las mediciones se realizaron con un medidor de pH HACH (Pocket Pro⁺ Multi 2). Una vez que se ajustó el valor de pH óptimo, se procede a la agitación por 24 horas para asegurar el equilibrio. Posteriormente se filtró con papel Whatman No. 2 y las mediciones se realizaron por medio de ICP-OES (Thermo Scientific iCap 6000). El porcentaje de remoción y la capacidad másica de remoción se calculan con las siguientes expresiones:

$$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{C_i - C_f}{m} * V \quad (2)$$

Donde: C_i y C_f son concentración inicial y final respectivamente (mg L⁻¹), m es masa de zeolita (g), v es volumen (L) y q_e es la capacidad másica de remoción del metal (mg metal g⁻¹ zeolita).

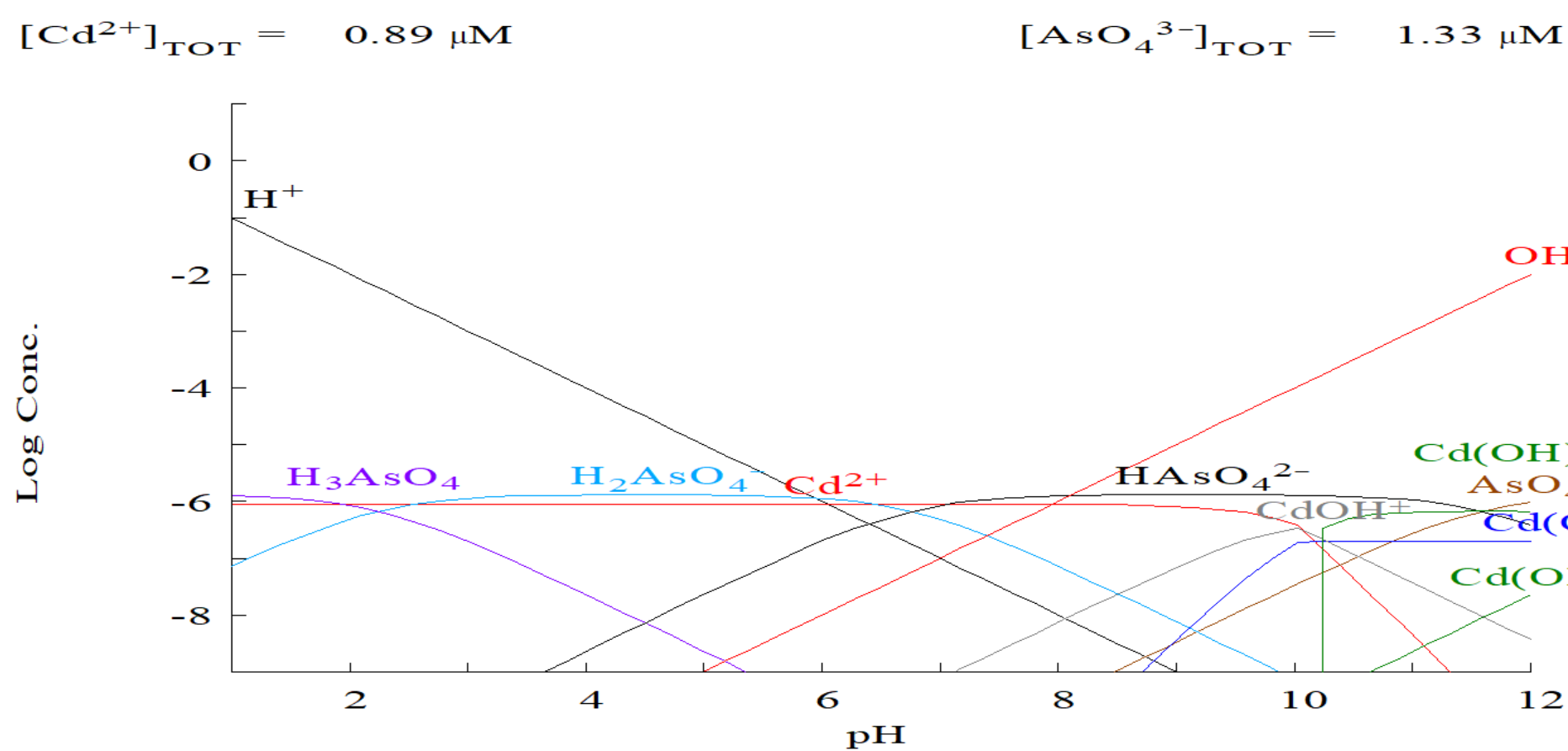


Figura 1. Diagrama de especies vs pH

2.4. Caracterización de Muestras

La morfología de las superficies de las zeolitas (Z C/T y Z S/T) fue analizada en un microscopio electrónico de barrido (MEB) equipado con un espectrofotómetro de energía dispersiva (Hitachi Scanning Electron Microscope SU3500). Se obtuvo una composición elemental de las zeolitas por medio de un análisis semicuantitativo.

2.5. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía para determinar diferencias entre los experimentos realizados. Se utilizó un α = 0.05. Cuando P sea superior a 0.05 (P ≥ α) desde el punto de vista estadístico se concluye que no existe diferencias entre tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

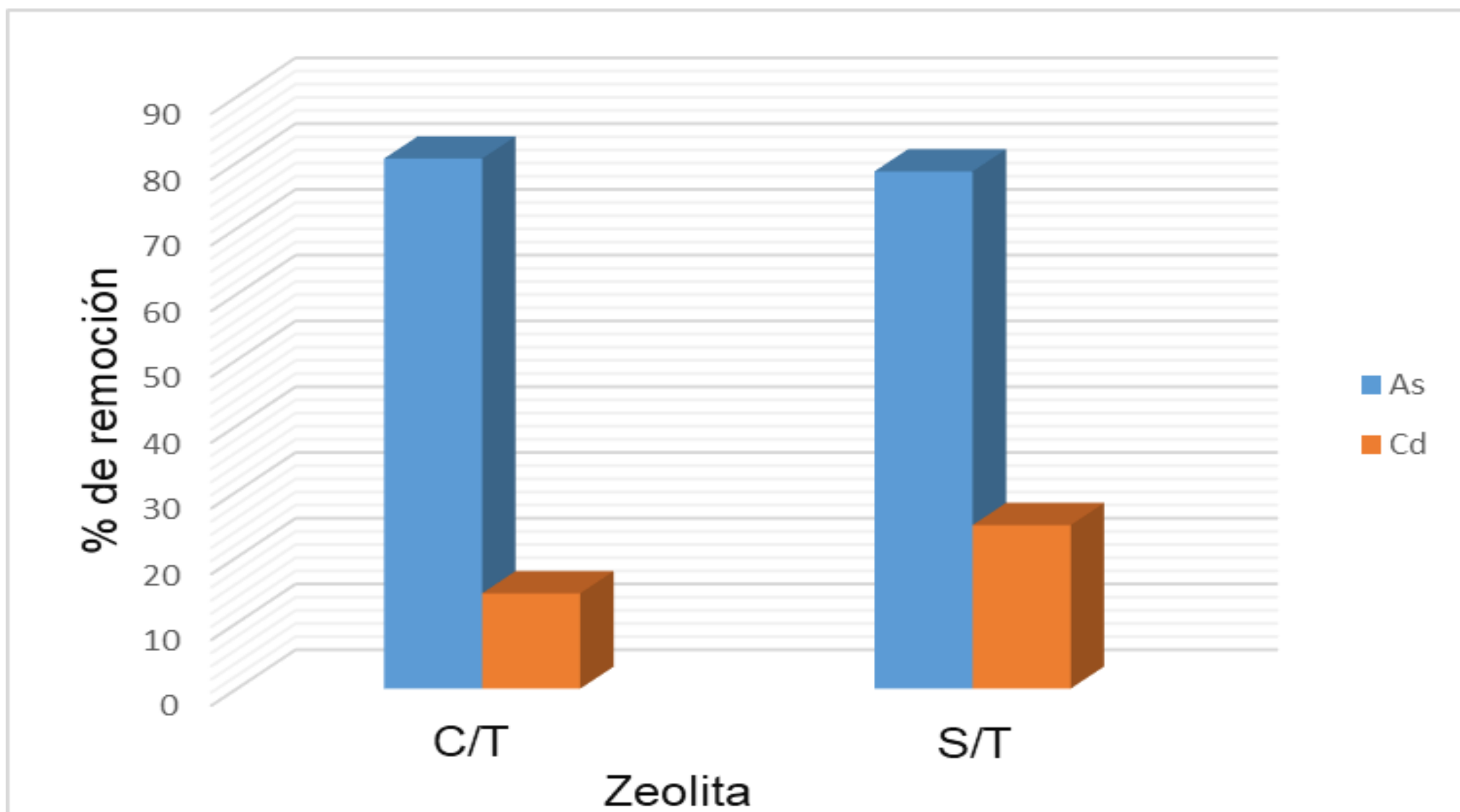


Figura 2. Porcentaje de remoción de As y Cd

En un estudio previo se determinó que en 24 horas se alcanza el equilibrio del As, por tal motivo se utilizó este tiempo para el estudio (Bilici Baskan & Pala, 2011).

En la figura 2 se muestra el % de remoción del As, los resultados obtenidos son adecuados ya que se remueve en promedio el 80% del elemento, encontrándose este resultado dentro del rango de una investigación previa (Melak, Alemayehu, Ambelu, Van Ranst, & Du Laing, 2018). Se observa que una zeolita con tratamiento ácido remueve un poco más que sin tratamiento, cabe la mención que la diferencia es mínima. Con esto se determinó que un tratamiento ácido a una zeolita mejora su capacidad de adsorción del As pero no de forma sustancial. Por otra parte se aprecia una baja afinidad del Cd por este material, reflejándose en un porcentaje relativamente bajo de remoción. En este estudio la zeolita sin tratamiento remueve más Cd que una con tratamiento, a diferencia de estudios previos. Se determinó que el metal que presentaba más baja afinidad con las zeolitas es el Cd (Mihajlović et al., 2015). Los resultados de remoción de dicho metal concuerdan con lo obtenido en el estudio de Kasmuri et al., 2018.

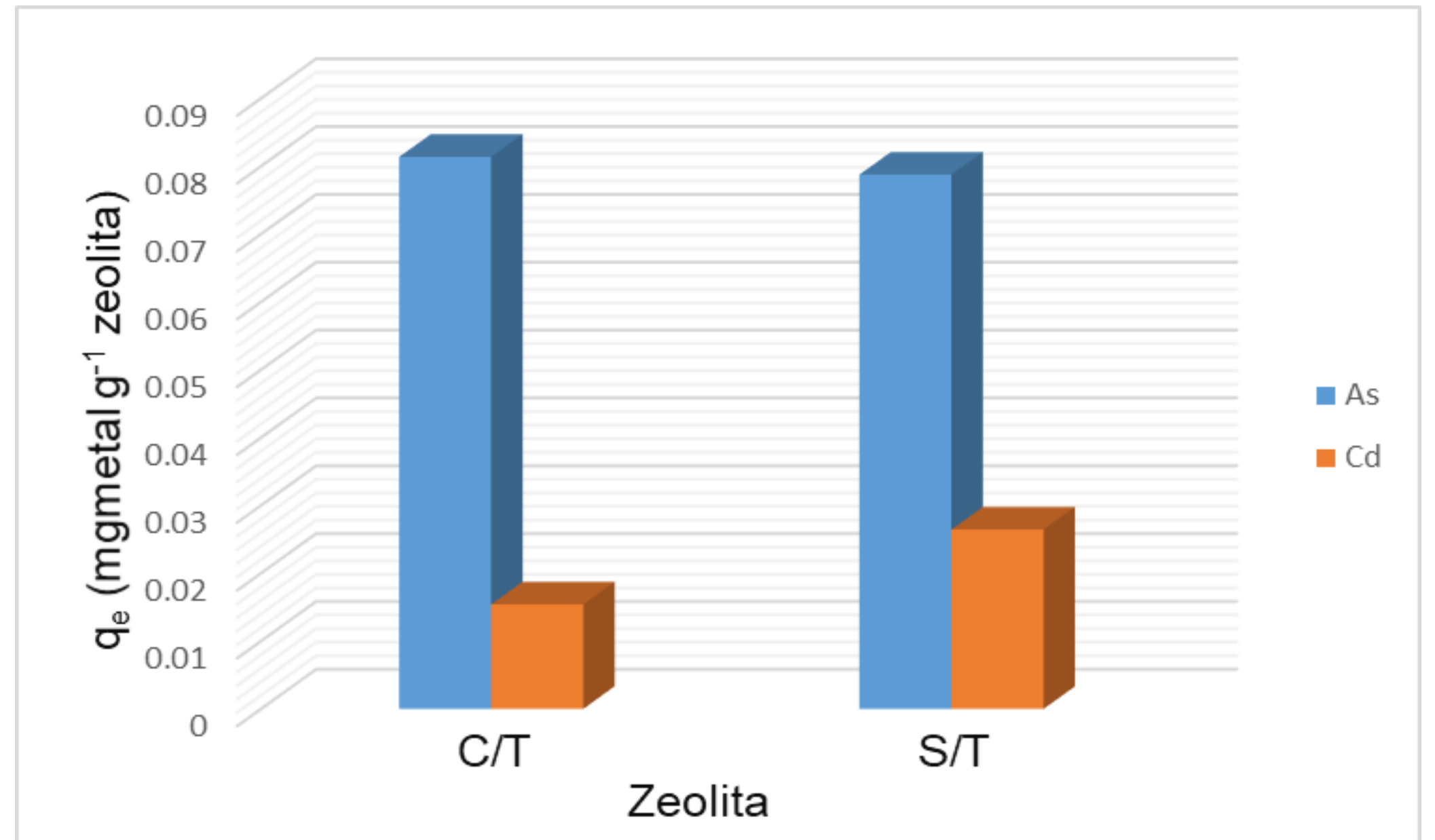


Figura 3. Capacidad másica de remoción de As y Cd

En la figura 3 se muestra el resultado de la capacidad de remoción másica de la zeolita. Se observa que el As tiene una q_e mayor con tratamiento que sin él. Observándose un comportamiento igual al % de remoción.

Tabla 1. Relación Si/Al de zeolita con y sin tratamiento

	C/T		S/T	
	Si	Al	Si	Al
Promedio	35.23	5.27	34.63	6.30
Relación Si/Al	6.69		5.50	

En la tabla 1 se muestra la relación Si/Al de las zeolitas natural y tratada. Se observa un aumento en la relación de la zeolita con tratamiento, debido a la disminución de Al. Siendo este aumento no significativo, por lo cual se puede concluir que la estructura no sufre cambios de consideración. Se determinó que con el tratamiento ácido existe una desaluminación de la estructura.

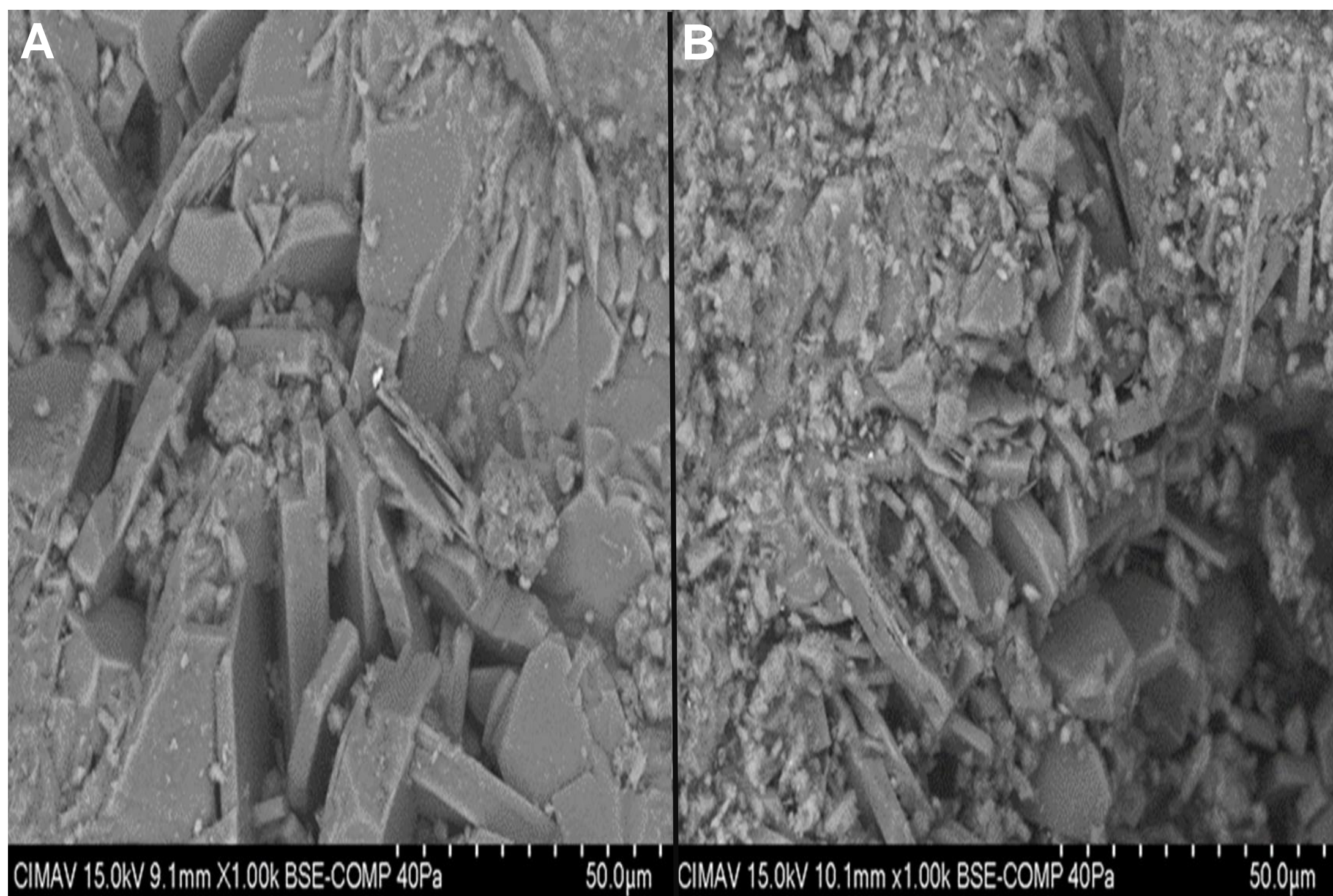


Figura 4. Zeolita tratada(A) y natural(B)

En la figura 4 se muestran las microfotografías de zeolitas con tratamiento (A) y sin tratamiento (B), se observa en la mencionada figura A la superficie se encuentra libre de micropartículas del material, a su vez en la figura B apreciamos micropartículas sobre la superficie. Así apreciamos que la figura A presenta mayor área de contacto para la adsorción.

4. CONCLUSIONES

Las zeolitas son eficientes para la remoción de As.

La remoción de Cd fue similar a lo reportado por otros autores.

El tratamiento ácido desaluminizó la estructura ligeramente, no obstante mejora la capacidad de adsorción de la zeolita.