



## Síntesis de ferrita de bario empleando mineral de barita

### Synthesis of barium ferrite using barite ore

10.56238/isevmjv3n3-008

Recebimento dos originais: 30/03/2024

Aceitação para publicação: 18/04/2024

**Nubia Yudith De León Amaya**

Maestra en Ciencia y Tecnología de los Materiales  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Yadira Marlén Rangel Hernández**

Doctora en Ciencias en Ingeniería Metalúrgica y Cerámica  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Isabel Araceli Facundo Arzola**

Doctora en Ciencia y Tecnología de Polímeros  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Ma. Gloria Rosales Sosa**

Doctora en Proyectos  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Manuel García Iregoy**

Doctor en Proyectos  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Josefina García Guerra**

Doctora en Ciencias en Metalurgia y Ciencia de los Materiales  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

**Leonor Muñoz Rodríguez**

Maestra en Ciencia y Tecnología de Materiales  
Facultad de Metalurgia U.A. de C

#### RESUMEN

Las ferritas, con fórmula  $MFe_{12}O_{19}$ , en la que M es uno de los elementos Ba, Sr o Pb, poseen la estructura cristalina de la magnetoplumbita. Uno de los materiales magnéticos más empleados a nivel industrial es la ferrita de bario ( $BaFe_{12}O_{19}$ ), con propiedades como: elevada resistividad, gran coercitividad, relativa baja saturación magnética, etc. En este trabajo se llevó a cabo la síntesis de hexaferrita de bario ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) a partir de un mineral de barita ( $BaSO_4$ ) y Nitrato de hierro nanohidratado  $\geq 98\%$ . ( $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ), en un rango de temperatura de 220-250°C. La caracterización se llevó a cabo usando difracción de rayos X (DRX) para determinar las fases cristalinas presente y microscopía electrónica de barrido (MEB) para observar la microestructura y tamaño de partícula de la ferrita de bario.

**Palabras clave:** Ferrita, Síntesis, Temperatura, Bario.



## 1 INTRODUCCIÓN

El elemento bario, es uno de los elementos ubicados en el grupo de los metales alcalinotérreos dentro del Grupo IIA de la Tabla Periódica. En la naturaleza, el mineral barita es la fuente principal de bario [1]. Este mineral comúnmente se encuentra constituido por una serie de impurezas, tales como cuarzo, carbonato de calcio, hierro, sulfato de estroncio, pirita, entre otros. El mineral de bario que se emplea industrialmente requiere un tratamiento de eliminación de impurezas inicialmente mediante una etapa de trituración y molienda para posteriormente lixiviar el mineral obteniendo una recuperación de aproximadamente 90 - 97 % [2].

El mineral de barita, así como la gran mayoría de los compuestos de bario, tienen una elevada estabilidad química lo que origina que su velocidad de disolución sea menor que la de otros minerales [3,4]. Sin embargo, se ha observado que, en condiciones de pH alcalino elevado, el mineral de bario presenta una baja estabilidad química, que permite la formación de la fase  $Ba(OH)_2$  la cual tiene una elevada solubilidad en medios alcalinos [5].

Por otra parte, el término hidrotérmico usualmente se refiere a las reacciones heterogéneas que ocurren en presencia de solventes acuosos o mineralizadores bajo condiciones de alta presión y temperatura ( $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $>1\text{ atm}$ ), para disolver y posteriormente cristalizar materiales en donde los reactantes son insolubles bajo condiciones ordinarias de presión y temperatura.

Uno de los materiales magnéticos más empleados a nivel industrial es la ferrita de bario  $BaFe_{12}O_{19}$ , sus aplicaciones para imanes permanentes por su bajo costo, anisotropía magneto cristalina elevada, alta temperatura de Curie, excelente estabilidad química y su resistencia a la corrosión, y se ha obtenido por diferentes métodos de síntesis [6-7].

## 2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La solución mineralizadora de hidróxido de Sodio (NaOH), se utilizó a una concentración molar de 5 al 97% de Sigma Aldrich. Además, se usó el nitrato de hierro nanohidratado  $(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ , 98% de Sigma-Aldrich) y el mineral de barita empleado como precursor de bario consistió en polvo de 90% de pureza proporcionado por el grupo Minar, Minerales y Arcillas S.A de C.Var.

A una autoclave de acero con revestimiento interno de teflón se adicionó la solución de NaOH con un porcentaje de llenado en volumen de 80%, el tiempo de reacción del tratamiento hidrotérmico se varió entre 24 y 48 h a una temperatura constante de  $220^{\circ}\text{C}$ . Todos los tratamientos se realizaron en un horno de convección marca BIDNER modelo R.

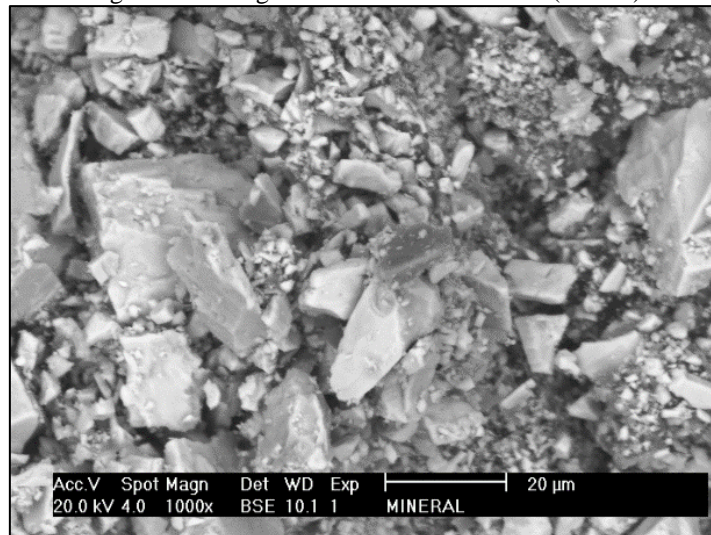
### 3 CARACTERIZACIÓN

El análisis de las fases cristalinas formadas a partir del mineral de barita durante los tratamientos hidrotérmicos se realizó mediante la técnica Difracción de Rayos X (DRX), la difracción se realizó empleando una radiación  $K\alpha$  de cobre con un voltaje de excitación del ánodo de 40kV y una corriente de 80mA. La técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) se empleó para observar la morfología de las partículas obtenidas de los tratamientos.

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

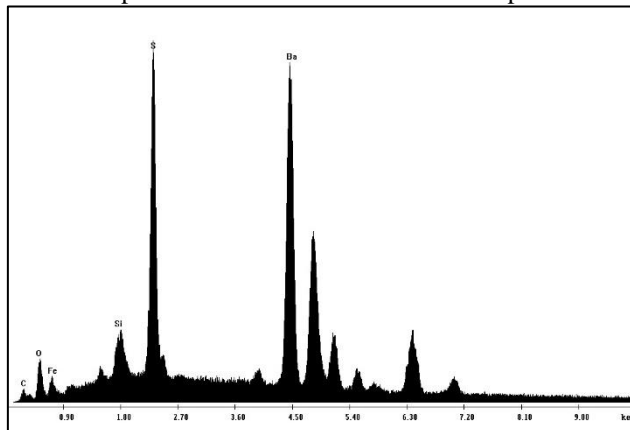
Inicialmente, se realizó un análisis del mineral de barita ( $BaSO_4$ ) por la técnica de microscopia electrónica de barrido. La Figura 1 muestra la micrografía de los polvos del mineral de barita que presentan una morfología acicular con un tamaño promedio de partícula de 20  $\mu$ m.

Figura 1. Micrografía del mineral de barita ( $BaSO_4$ )



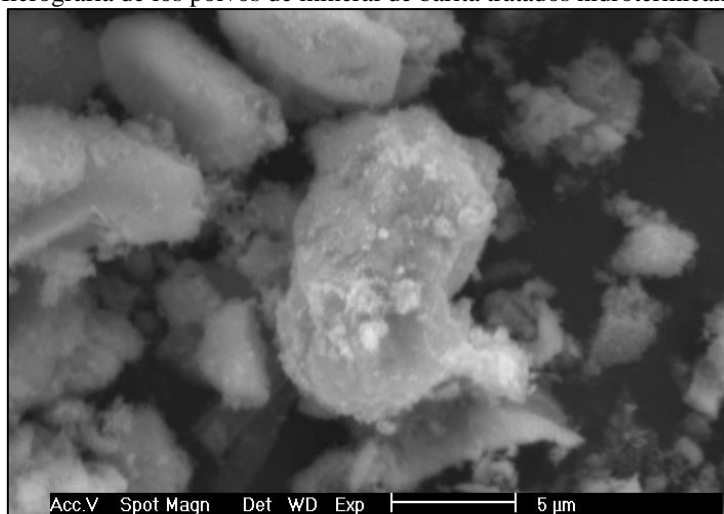
La Figura 2 muestra el EDS realizado al mineral de barita, en la que se puede ver la presencia de los iones Ba y Azufre como principales componentes, sin embargo, se puede apreciar la presencia de silicio como parte de las impurezas del mineral.

Figura 2. Espectros de EDS del polvo de mineral de barita utilizado para la síntesis de ferrita de bario.



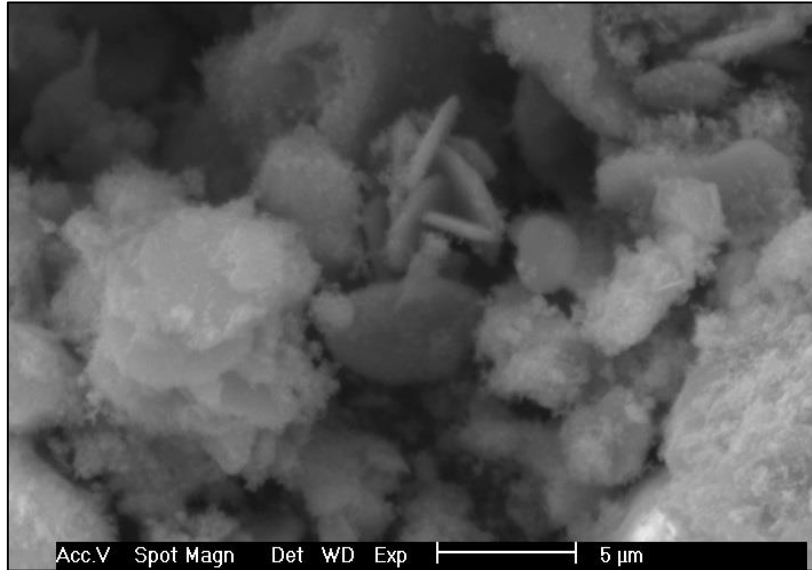
Los polvos de mineral de barita tratados hidrotérmicamente por un tiempo de 24 h a una temperatura de 220° °C se muestran en la Figura 3. De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que no hubo formación de la fase ferrita de bario ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), esto debido a la alta estabilidad química que presenta el mineral de bario. Se pueden observar las partículas del mineral que inician a reaccionar, sin embargo, los análisis de EDS, demostraron la presencia de mineral de barita remanente y la formación de la fase hematita.

Figura 3. Micrografía de los polvos de mineral de barita tratados hidrotérmicamente a 24 h.



Por otra parte, la Figura 4 muestra los polvos obtenidos después del tratamiento hidrotérmico realizado a 48 h a una temperatura de reacción de 220°C. Se puede observar que al incrementar el tiempo de reacción se obtuvo la fase  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  a partir de mineral de barita bajo condiciones hidrotérmicas alcalinas con un tamaño de partícula por debajo de las 5 μm con una morfología hexagonal.

Figura 4. Polvos de mineral de barita tratado hidrotermicamente por un tiempo de reacción de 48 h a 220°C.



## 5 CONCLUSIONES

La síntesis de ferrita de estroncio no se llevó a cabo cuando se trató hidrotermicamente el mineral de barita a 220 °C por un tiempo de reacción de 24 h.

Se obtuvo de manera parcial la ferrita de estroncio ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) a partir de mineral de celestita ( $\text{BaSO}_4$ ) por síntesis hidrotérmica a partir de 48 h de reacción.

De acuerdo con los resultados obtenidos por la técnica de microscopia electrónica de barrido se pudieron obtener partículas de  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  con morfología hexagonal con un tamaño de partícula promedió de 4  $\mu\text{m}$ .



## REFERENCIAS

Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 5 Edition, (2005) 316-325.

F. Habashi, Handbook of extractive metallurgy, (1997) 2330-2335.

C. Monnin, A thermodynamic model for the solubility of barite and celestite in electrolyte solutions and seawater to 200 °C and to 1 kbar, Chemical Geology, 153 (1999) 187-209.

S. Bose, Dissolution kinetics of sulfate minerals: linking environmental significance of mineral-water interface reactions to the retention of aqueous  $\text{CrO}_4^{2-}$  in natural waters, Ph Thesis Doctor of Philosophy, Wright State University 2008.

C. C. Li, J. H. Jean, Dissolution and Dispersion Behavior of Barium Carbonate in Aqueous Suspensions, J. Am. Ceram. Soc., 85 (2002) 2977-2983.

Magnetic Properties of Barium Ferrite Prepared by Hydrothermal Synthesis, Key Engineering Materials 655: (2015) 178-181 July

Yang Li Ailin Xia, Chuangui Jin, Synthesis, structure and magnetic properties of hexagonal  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  ferrite obtained via a hydrothermal method, J Mater Sci: Mater Electron (2016) 27:10864–10868