

EQUILIBRIO SOLIDO-LIQUIDO EN SISTEMAS TERNARIOS DE ACIDO BORICO

MORENO, N. GERARDO*; FLORES, J. EDUARDO; LEFTER, MARILENA

*Facultad de Ingeniería, Cátedra de Química Inorgánica - Consejo de Investigación - Universidad Nacional de Salta – Avda. Bolivia 5150 – (4400) Salta, Argentina – Tel.: 0387 – 4255356 - nmoreno@unsa.edu.ar,

RESUMEN

El estudio de sistemas ternario que resultan al mezclar soluciones son de gran importancia industrial, porque brinda la posibilidad de seleccionar las condiciones más convenientes para la separación de alguno de ellos.

En este trabajo se han determinado las condiciones de equilibrio de fases del sistema $H_3BO_3 - Na_2SO_4 - H_2O$ a $90^\circ C$ y presión atmosférica.

El estudio de este sistema tiene mucha importancia en los procesos de fabricación de ácido bórico a partir de minerales derivados de boratos.

Para obtener las condiciones apropiadas de separación resulta conveniente estudiar isotérmicamente este tipo de sistema y determinar las curvas de equilibrio entre la sustancia que se quiere extraer y el líquido correspondiente.

Palabras clave: sistemas ternarios – equilibrio de fases - ácido bórico

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el resultado de los estudios realizados sobre el comportamiento del ácido bórico en soluciones saturadas de sulfato de sodio, con el objeto de encontrar las condiciones más convenientes para la separación de este ácido a partir de minerales de boratos, como es el caso de la ulexita, $Na_2O \cdot 2CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 16H_2O$, cuando se trata con ácido sulfúrico.

Generalmente se utilizan distintos tipos de diagramas para representar las condiciones de equilibrio entre fases a presión y temperaturas definidas. Sin embargo, es preferible el diagrama triangular, porque da una visión más objetiva de las fases presentes en cada punto de la curva de solubilidad.

En el diagrama triangular, que es un triángulo equilátero, cada lado del mismo representa combinaciones de las dos sustancias que están indicadas sobre los extremos de ese lado. Un punto dentro del diagrama representa, en principio, una solución ternaria, de tal manera que la suma de las concentraciones, expresadas en porcentajes de masa, será siempre 100 % (Glasstone, 1966).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue encontrar las condiciones apropiadas para la separación de ácido bórico a partir de una solución ternaria y, a la vez, demostrar cómo se puede obtener mejor información a partir de los mismos datos obtenidos en la parte experimental, utilizando otro tipo de diagrama para presentarlos.

Para obtener tales condiciones es necesario investigar el comportamiento en el equilibrio del sistema $\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$, preparando distintas soluciones saturadas de estas sustancias, a temperatura constante y presión atmosférica. Una vez establecido el equilibrio, se toman muestras de ambas fases, líquida y sólida y se analizan químicamente.

3. METODOLOGÍA

El método experimental se desarrolló preparando duplicados de mezclas ternarias de composición global conocida, los que se colocaron en baño de agua, a temperatura constante de 90°C , agitando intensamente a 400 rpm durante 3 horas, dejando sedimentar un tiempo similar, dos veces, para asegurar que se alcanzó el equilibrio.

Para comprobar que se alcanzó el equilibrio se monitorearon las soluciones por alguno de los iones para determinar si se produjo alguna variación en sus concentraciones.

El equipo utilizado para realizar los experimentos consiste en un cilindro cerrado de acrílico, de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, provisto de agitador y entradas laterales para permitir ensamblar termómetro, pH-metro, etc., y tomar muestras, que se coloca dentro de un baño de agua caliente a la temperatura de 90°C .

Los reactivos químicos utilizados fueron de grado analítico: H_3BO_3 , 99,84 % (Anedra); Na_2SO_4 , químicamente puro (Anedra), previamente secados, sin posteriores etapas de purificación; y H_2O destilada, pH: 6,7.

Al final de cada experimento se tomaron muestras de las fases sólida y líquida y se analizaron para determinar su composición.

Los análisis químico se realizaron titulando el ácido bórico con hidróxido de sodio, en presencia de manitol (Vogel, 1960), y el sulfato de sodio a través del ión sodio, por absorción atómica, en un equipo Shimadzu AA 6500. La fase sólida fue analizada según el método del residuo, que consiste en analizar una porción de sólido húmedo y determinar luego, por extrapolación, la composición que tendría el sólido seco. (Glasstone, 1966; Castellán, 1976).

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1, y muestran coincidencia con algunos datos extraídos de la literatura. (Garret, 1998).

En la Figura 1 se representan los datos experimentales de la tabla anterior, pudiéndose observar en la misma como varía la solubilidad del ácido bórico a medida que va aumentando la concentración del sulfato de sodio.

Como decimos en la introducción, los mismos datos pueden ser representados en un diagrama triangular, el cual consiste básicamente en un triángulo equilátero, en donde para cualquier punto situado en el interior del mismo la suma de las distancias trazadas desde ese punto, paralelamente a los tres lados es siempre igual a un lado del triángulo. De modo que, tomando ese lado del triángulo como unidad y expresando las masas de los tres componentes como fracciones de la masa total del sistema, es posible representar la composición de cualquier sistema ternario por un punto del diagrama. Por lo tanto, si los vértices del triángulo representan los componentes puros: H_2O , H_3BO_3 y Na_2SO_4 , la distancia de un punto en el interior del diagrama a cualquier lado, medida paralelamente a uno de los otros, da la proporción del componente que ocupa el vértice opuesto. De esta manera, cualquier punto

TABLA 1. Solubilidad del ácido bórico en soluciones de sulfato de sodio a 90°C y presión atmosférica.

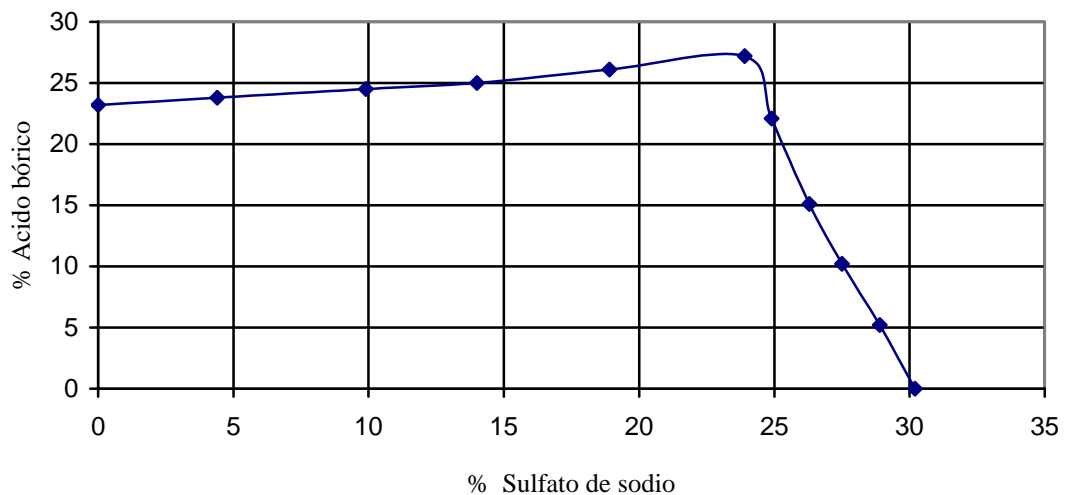
% Na ₂ SO ₄	0,0	4,4	9,9	14,0	18,9	23,9	24,9	26,3	27,5	28,9	30,2
% H ₃ BO ₃	23,2	23,8	24,5	25,0	26,1	27,2	22,1	15,1	10,2	5,2	0,0
% H ₂ O	76,8	71,8	65,6	61,0	55,0	48,9	53,0	58,6	62,3	65,9	69,8
Fase sólida	B	B	B	B	B	B+S	S	S	S	S	S

Fuente: 10

B: Acido bórico - S: Sulfato de sodio

dentro del diagrama representa tres componentes. Pero, si el punto está situado sobre uno de los lados, indica sólo dos componentes, que son los que se indican en los extremos de ese lado (Glasstone, 1966).

Solubilidad de Acido Bórico en Soluciones de Sulfato de Sodio



Fuente: 10

FIGURA 1.- Curva de solubilidad de ácido bórico en soluciones de sulfato de sodio, a 90°C y presión atmosférica.

Cuando dos sustancias, como en este caso el H₃BO₃ y Na₂SO₄ no forman un compuesto entre sí, las curvas de solubilidad (que son isotermas), que dan las composiciones de las disoluciones que contienen a ambas, en proporciones diferentes, en equilibrio con H₃BO₃ sólido ó Na₂SO₄ sólido, son como la que se representa en la Figura 2.

Como se puede apreciar, en este caso la curva de solubilidad es discontinua, consta de dos partes una que va desde A a B, y la otra desde B a C. A lo largo de AB, que comienza en el punto dado por la composición: 0,0 % de Na₂SO₄, 23,2 % de H₃BO₃ y 76,8 % de H₂O y se extiende hasta el punto cuya composición es: 27,2 % de H₃BO₃, 23,9% de Na₂SO₄ y 48,9 % de H₂O, la fase sólida que está en equilibrio con la disolución es H₃BO₃, mientras que en la segunda parte de la curva, que va desde B hasta el punto C, cuya composición es: 0,0 % de H₃BO₃, 30,2 % de Na₂SO₄ y 69,8 % de H₂O,

el sólido en equilibrio con la disolución es Na_2SO_4 . La curva de solubilidad representa una isoterma que da las condiciones de equilibrio entre el líquido ternario, o sea la solución, y la fase sólida. Siempre que la curva de solubilidad presente alguna discontinuidad, estará indicando que hay más de una fase sólida. Esta discontinuidad, que en el diagrama está dada por el punto B, se conoce como “punto invariante isotérmico” (Glasstone, 1966).

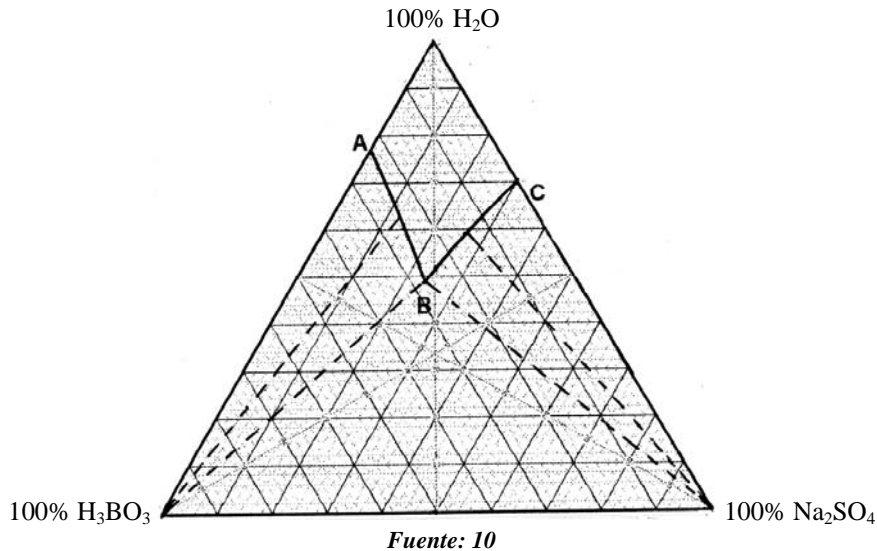


FIGURA 2.- Diagrama triangular del sistema $\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ a 90°C .

Para verificar la posición del punto invariante isotérmico se preparó una mezcla ternaria de composición global conocida dentro de la región de fases sólidas y una solución saturada de composición correspondiente a ese punto, a una temperatura ligeramente superior a los 90°C , y se colocó en un baño termostatzado. Luego se llevó la temperatura a 90°C y se continuó con el procedimiento descrito anteriormente.

Se puede indicar la naturaleza de las fases sólidas mediante líneas de conexión entre los puntos correspondientes de la curva de solubilidad, que indican las composiciones de las soluciones saturadas, con puntos que definen las composiciones de las fases sólidas. Por eso, estas líneas de conexión se unen con los vértices correspondientes al sólido en equilibrio con la solución.

Como se puede observar en la Figura 2, el punto B representa la composición del líquido que está en equilibrio con los dos sólidos, H_3BO_3 y Na_2SO_4 . En consecuencia, hay tres fases: una líquida y dos sólidas (Glasstone, 1966).

5. CONCLUSIONES

- * Los diagramas de equilibrios de fases pueden ser contruídos usando métodos relativamente sencillos.
- * En el diagrama de la Figura 1 se puede observar que la solubilidad del ácido bórico aumenta levemente hasta un máximo a medida que aumenta la concentración de Na_2SO_4 , y luego disminuye bruscamente.
- * A la temperatura de trabajo, 90°C , se presenta un solo punto invariante isotérmico.
- * En estas condiciones se observa la presencia de dos fases sólidas: H_3BO_3 y Na_2SO_4 .

En consecuencia, de las curvas del diagrama triangular puede inferirse cuales son las condiciones más convenientes para la separación del sólido que se pretende extraer.

6. BIBLIOGRAFIA

- Castellán, G. W., (1976) Fisicoquímica. Fondo Educativo Interamericano. México. D.F.
- Garret, D. E., (1998) Borates handbook of deposits, processing, properties and use. Academic Press. San Diego, California. U.S.A.
- Glasstone, S. (1966) Tratado de Química Física. 6ª ed. Editorial Aguilar. Madrid.
- Vogel, A. I., (1960) Química Analítica Cuantitativa. Vol. I. Ed. Kapelusz. Buenos Aires.

AGRADECIMIENTOS

- Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa), por el aporte económico que permitió la realización de este trabajo.
- Al Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI) de la Facultad de Ingeniería de la UNSa, por la colaboración en la realización de los análisis químicos.