

ESTUDIO DE LA INTERRELACIÓN DEL PH, CONCENTRACIÓN, TENSION SUPERFICIAL Y SOLUBILIDAD DE COLECTORES EN EL PROCESO DE FLOTACIÓN ESPUMANTE DEL MINERAL FLUORITA

R. J. Ferretti¹; E. Marchevsky²; J. Gásquez²; E. Perino² y R. Dzioba¹.

¹Procesos de Producción (Facultad de Física Matemáticas y Ciencias Naturales)

²Química Analítica (Facultad de Química Bioquímica y Farmacia)

Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera. 5700.

San Luis. Argentina.

Email: rjf@unsl.edu.ar

RESUMEN

El uso de sustancias hidrocarbonadas como colectores en la concentración de minerales por el proceso de flotación espumante, ha sido ampliamente estudiado por diversos autores, quienes han demostrado que la adsorción del colector en la interfase (líquido-gas) es la responsable de las fluctuaciones de la variable físico-química tensión superficial.

En el presente estudio se han evaluado los colectores oleato de sodio, dodecilamina, ácido ricinoleico y ácido linoleico. Se muestran las variaciones de la tensión superficial en función de la concentración del colector, a diferentes valores de pH; las variaciones de la absorbancia en función del pH, a diferentes valores de concentración del colector y las curvas de flotabilidad (determinadas al vacío) para el mineral fluorita, en el rango de pH 2 a 10 y concentraciones comprendidas entre 1 - 500 ppm.

Los resultados obtenidos permiten establecer que la tensión superficial para los colectores estudiados disminuye con el aumento del pH y la concentración. En relación a los valores de absorbancia (proporcional a la inversa de solubilidad de los colectores) los mismos decrecen con el incremento del pH y la disminución de la concentración de los colectores oleato de sodio y ácidos ricinoléico y linoleico; en cambio, para el colector dodecilamina (DDA) los valores de absorbancia aumentan con el incremento de la concentración y pH de las soluciones colectoras, fenómeno que es bastante significativo a pH alcalinos.

Del análisis de los resultados se puede concluir que en los colectores investigados, la flotación se debe llevar a cabo a valores de concentraciones y pH, tal que, las soluciones colectoras posean valores de absorbancia y tensión superficial adecuados para asegurar la presencia de una concentración mínima de iones colectores, para

producir la adsorción sobre la superficie mineral, responsables de la flotación final.

INTRODUCCIÓN

La flotación espumante utiliza las diferencias de propiedades superficiales físico-químicas de las partículas de los minerales. Después del tratamiento con reactivos, tales diferencias en las propiedades superficiales entre los minerales de la pulpa de flotación se hacen aparentes y para que ésta tome lugar, la burbuja de aire debe ser capaz de unirse por sí sola a las partículas. La unión sólo se dará si la burbuja puede desplazar el agua de la superficie del mineral, lo que sucede si éste es en alguna medida hidrofóbico (Blazy, P., 1977; Wills, B. A., 1985; Dzioba B. R. et al., 1999).

Como la flotación iónica involucra la interfase líquido-gas, es apropiado comenzar el análisis con algunas de las propiedades de la superficie de los líquidos y de moléculas adsorbidas en ellas.

La tensión superficial permite medir las propiedades de la interfase existente entre dos fluidos (Blazy P., 1977; Leja Jan., 1983; Ballester A. et al., 2000). El agua es el líquido cuyas propiedades superficiales son de interés en la discusión de la flotación de fluorita frente a los cuatro colectores estudiados, ya que posee propiedades únicas.

El grupo activo de un colector es tan pequeño que puede seguir al oxígeno electronegativo en los espacios creados en la estructura del agua. Como la cadena hidrocarbonada de los colectores es grandes, no se pueden acomodar en los huecos creados en la estructura de agua, y por lo tanto son expulsado hacia la superficie del líquido (Blazy, P., 1977).

Cuando una molécula semejante al oleato de sodio (apolar en un extremo y polar en el otro) se coloca en el agua, la atracción de las moléculas de agua se localizan sobre la parte polar de dicha molécula. Esto da como resultado una orientación de la molécula del colector con el grupo polar hacia el agua y la cadena hidrocarbonada hacia la interfase agua-aire, lo que produce una situación termodinámicamente estable. Este es el origen de la variación de la tensión superficial mostrada por un grupo de sustancias, que tienden a concentrarse en la interfase aire-agua.

La tensión superficial es una medida de las fuerzas residuales que actúan sobre la superficie de la sustancia, y es teóricamente un plano bidimensional sin profundidad. De ésto se desprende que si una sustancia cubre la superficie del agua, aun sólo en la extensión de una molécula, la tensión superficial que se medirá será la del material que cubre. Si la sustancia es semejante en su carácter a los hidrocarburos, la tensión superficial será menor que la del agua.

El comportamiento de la tensión superficial con la variación de la concentración, manteniendo la temperatura y la presión constante, es descrito por la ecuación de adsorción de Gibbs (Sebba, S. 1962; Ferretti R. et al., 1997). Sin embargo, cabe destacar que las características químicas de las especies adsorbidas en la interfase fluido-aire dependen del pH, variable que determina el porcentaje de disociación de los colectores. Es decir, la interrelación de estas dos variables definen cuáles serán las especies presentes en la solución, y por consiguiente las responsables para que ocurra la flotación del mineral (Ferretti R. et al., 1997; Ferretti R. y col., 2000; Dzioba B. R. et al., 1999).

PARTE EXPERIMENTAL

1.- Preparación de muestras líquidas.

Para la preparación de las diferentes soluciones colectoras se utilizaron reactivos p.a. y agua destilada.

2.- Preparación de las muestras sólidas.

Para la preparación de las muestras, se utilizó fluorita seleccionada manualmente con ayuda de lupa binocular y controlada cualitativamente mediante difracción de rayos X. Los difractogramas obtenidos indican la ausencia de otros minerales, entre ellos cuarzo. De este modo, se asegura un material de partida de buen grado de pureza, mayor al 99%. La misma fue sometida al

siguiente tratamiento: trituración y molienda selectiva, con el objeto de recuperar la fracción -70# +100#.

3.- Ensayos de laboratorio.

Se planificó una serie de ensayos con el objeto de determinar las variaciones de la tensión superficial de soluciones de los diferentes colectores en función de la concentración (1 a 1000 ppm), a pH constante. Las determinaciones se realizaron mediante el uso de la balanza de torsión (tensiómetro de Dü Noüy).

Paralelamente, se determinaron las variaciones de la absorbancia en función del pH, a diferentes concentraciones del colector (1 a 1000 ppm); las mediciones correspondientes se realizaron empleando un Colorímetro de Laboratorio, a una longitud de onda que es característica de cada colector.

También, se determinaron las curvas de flotación al vacío para la fluorita. La metodología empleada se corresponde con el principio de flotación al vacío de Shuman Prakast, que fue adaptada a nuestras condiciones de trabajo (Rossi E. y col., 1986; Rossi E. y col., 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados de las tensiones superficiales se graficaron versus la concentración, para los diferentes pH ensayados. Los mismos se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

Los resultados de absorbancia en función del pH, a concentración constante, para los cuatro colectores estudiados, se presentan en las Figura 5, 6, 7 y 8.

Los resultados correspondientes a la flotación, expresados en porcentaje de flotabilidad en función del pH, para las distintas concentraciones ensayadas sobre oleato de sodio, se presentan en las Figuras 9, 10, 11 y 12.

Del análisis de las Figuras 1 a 4 se puede decir que, la tensión superficial disminuye con el aumento de la concentración (de acuerdo a la ley de Gibbs) y del pH. Sin embargo, se observa que la cinética del mencionado fenómeno es muy elevada para los colectores oleato de sodio, ácidos ricinoléico y linoléico hasta concentraciones aproximadas de 50 ppm, y permanece prácticamente constante para concentraciones superiores a este valor.

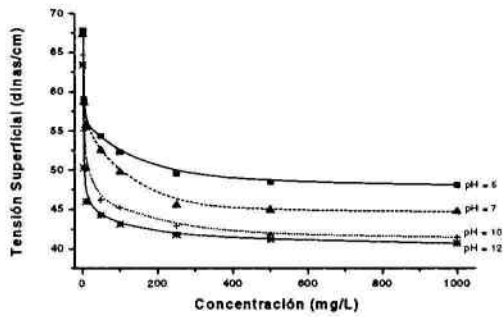


Figura 1. Variación de la tensión superficial vs. concentración, a pH constante, para el ácido ricinoleico.

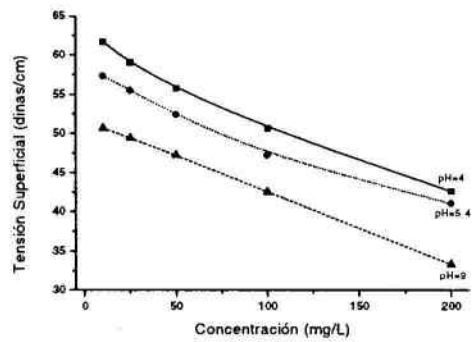


Figura 4. Variación de la tensión superficial vs. concentración, a pH constante, para la dodecilamina

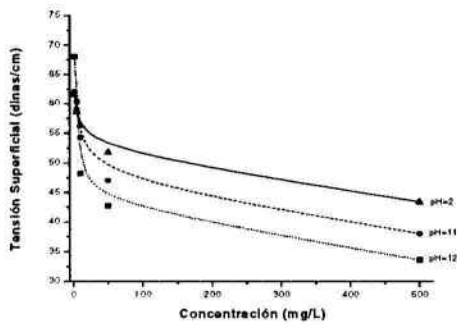


Figura 2. Variación de la tensión superficial vs. concentración, a pH constante, para el ácido linoleico.

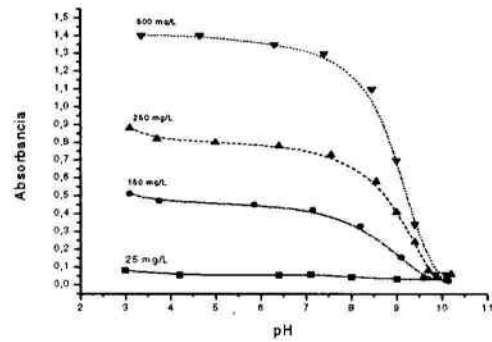


Figura 5. Variación de la Absorbancia vs. pH, a concentración constante, para el oleato de sodio.

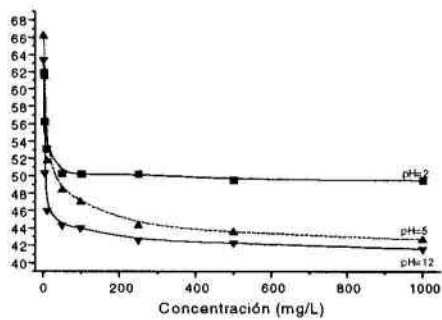


Figura 3. Variación de la tensión superficial vs. concentración, a pH constante, para el oleato de sodio.

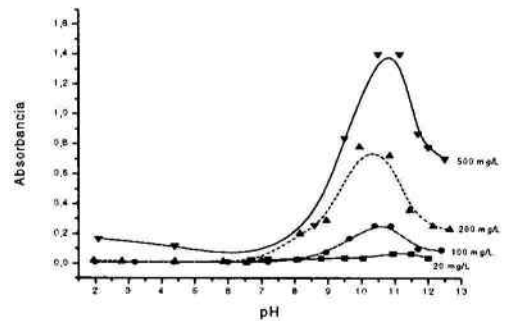


Figura 6. Variación de la Absorbancia vs. pH, a concentración constante, para la dodecilamina.

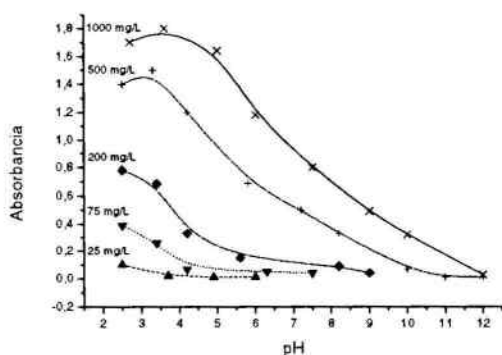


Figura 7. Variación de la Absorbancia vs. pH, a concentración constante, para el ácido linoleico

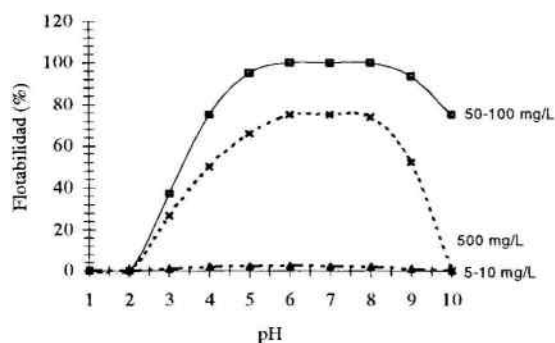


Figura 10. Variación de la flotabilidad de la fluorita en función del pH, a concentración constante, para la dodecilamina.

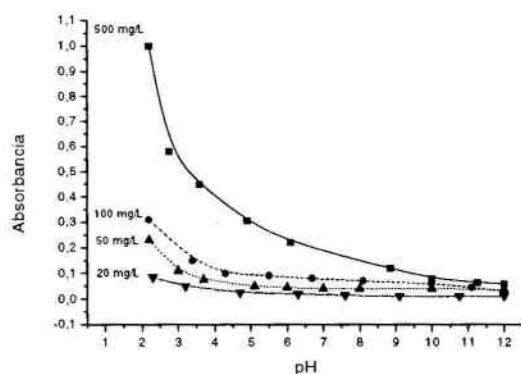


Figura 8. Variación de la Absorbancia vs. pH, a concentración constante, para el ácido ricinoleico

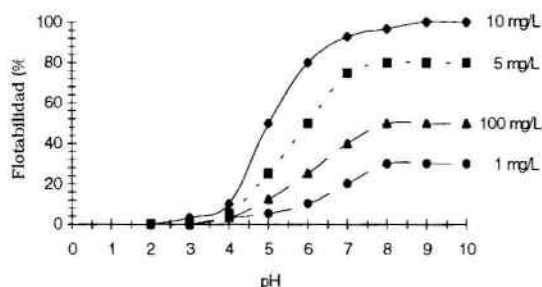


Figura 11. Variación de la flotabilidad de la fluorita en función del pH, a concentración constante, para el ácido ricinoleico.

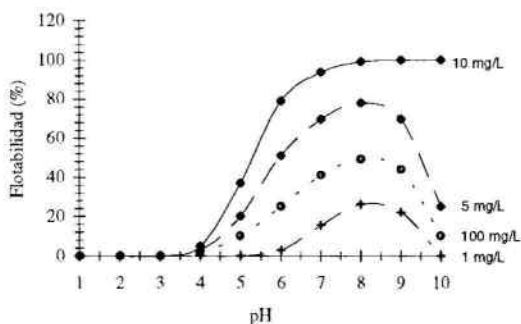


Figura 9. Variación de la flotabilidad de la fluorita en función del pH, a concentración constante, para el oleato de sodio.

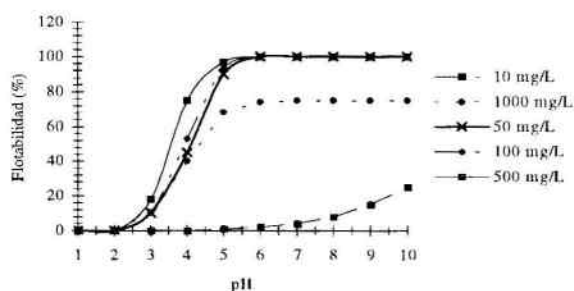


Figura 12. Variación de la flotabilidad de la fluorita en función del pH, a concentración constante, para el ácido linoleico.

Este comportamiento estaría indicando que la velocidad de adsorción en la interfase líquido-aire es mayor a concentraciones pequeñas del colector. En cambio, para la dodecilamina la variación de la tensión superficial con la concentración es menos marcada y casi lineal hasta concentraciones de 200 ppm. Esto indica

una cinética de adsorción constante en la interfase agua-aire.

Con respecto a la disminución de la tensión superficial en función del pH, para los colectores estudiados, se puede decir que es similar para todas las concentraciones ensayadas.

Del análisis de los resultados, se ve que los valores de la absorbancia (oleato de sodio, ácidos ricinoleico y linoleico) disminuyen con el aumento del pH, siendo este efecto bien marcado para soluciones de concentraciones elevadas.

Del análisis de las Figuras 5 a 8, se observa que los valores de absorbancia, para los colectores oleato de sodio, ácido linoleico y ácido ricinoleico, disminuyen con el aumento del pH, siendo este efecto bien marcado para soluciones con concentraciones elevadas; con respecto a la dodecilamina se puede decir que su comportamiento es contrario al de los otros colectores, osea, que la absorbancia aumenta con el aumento del pH y que este fenómeno es muy marcado a concentraciones elevadas.

A modo de resumen se resalta lo siguiente:

a) En la flotación del mineral de fluorita los colectores oleato de sodio, ácido ricinoleico y ácido linoleico (aniónicos) son más efectivos que el colector dodecilamina (catiónico)

b) La fluorita presenta máxima flotabilidad para el colector oleato de sodio y ácido ricinoleico a valores de pH superiores a 8 y a una concentración igual a 10 ppm. Para el colector ácido linoleico la mayor flotabilidad se logra a valores superiores de pH 5 y a una concentración de 500 ppm. Las mejores condiciones de flotabilidad en el colector dodecilamina se corresponden con el rango de pH 6-8, y en concentraciones comprendidas entre 500 y 1000 ppm.

c) La flotabilidad de fluorita, frente a los cuatro colectores estudiados, disminuye con el aumento de la concentración a partir de un determinado valor de la misma. Para los colectores oleato de sodio, ácidos ricinoleico y linoleico 100 ppm y para la dodecilamina 500 ppm.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden señalar las siguientes conclusiones:

- a) La fluorita presenta muy buena flotabilidad frente a los cuatro colectores dentro del rango de valores de pH y concentraciones definidos por este estudio.
- b) Los colectores aniónicos presentan áreas de flotabilidad mayores que el colector catiónico (dodecilamina).
- c) El comportamiento del ácido ricinoleico, frente a la fluorita, es similar al colector oleato de sodio en el rango de pH 4-6, y al colector linoleico en el rango de pH alcalinos, presentando un comportamiento intermedio entre ambos colectores.
- d) De los tres colectores aniónicos, el área de flotabilidad mínima y de mayor selectividad se corresponde con el oleato de sodio.
- e) La flotabilidad máxima de la fluorita, para los colectores estudiados, ocurre a baja tensión superficial y bajas concentraciones, siempre y cuando no se supere el valor crítico de formación de micelas.
- f) La mejor flotabilidad de la fluorita, para los colectores carboxílicos, se observa con la máxima solubilidad de los mismos.
- g) El oleato de sodio resulta ser el colector más indicado para el beneficio de la fluorita, no sólo desde el punto de vista económico, sino también de la selectividad.

REFERENCIAS

- Ballester A., Verdeja L. F., Sancho J., *Metalurgia Extractiva: Vol. I* Editorial Síntesis, España., 2000.
- Blazy P., *El Beneficio de los Minerales*. Editorial Rocas y Minerales. España., 1977.
- Dzioba B. R., Marchevsky E., Dangelo J., Ferretti, R., *Adsorption Determinations of Sodium Oleate (Anionic Collector) on Scheelite Mineral*. International Jour. Chem., Vol. 9, N° 2., 1999.
- Ferretti R., Marchevsky E., Dzioba B. R., *Study on the behaviour of the Physicochemical variable*

(Surface Tension) as a function of the pH and Concentration in collecting solutions of Dodecylamine. *International Journal of Chemistry*. Vol. 8, N° 2. pp 87-95., 1997.

Ferretti R., Ferretti F., Marchevsky E., Efecto del pH, Tiempo y Concentración sobre la Tensión Superficial en un proceso de flotación. *Información Tecnológica*. La Serena. Chile. Vol. 11. N° 2. pp 51-57., 2000.

Leja Jan., *Surface Chemistry of Froth Flotation*. Plenum Press, 2° Ed., 1983.

Rossi E., Rossi M., Dzioba R., Ferretti R., Córlica D., Relaciones entre las áreas de flotabilidad determinadas por el método del vacío, las variaciones de la Tensión Superficial, la cantidad del colector adsorbido y la solubilidad del colector OlNa, para el mineral Scheelita. *II Congreso Latino-Americano de Flotación*. Concepción. Chile. pp 97-107., 1985.

Rossi E, Ferretti R., Beninato M., Dzioba B. R., Córlica D., Relación entre las Áreas de Flotabilidad, Determinadas por el Método de Schuman Prakask, las Variaciones de la Tensión Superficial, la Cantidad de Colector Absorbido y la Solubilidad del Colector Dodecilamina, para el mineral Schellita, 3ras. *Jornadas de Ingeniería de Minas*. San Juan., 1986.

Sebba S., *Ion Flotation*. Elsevier Publishing Company. Cap. II., 1962.

Wills B. A., *Mineral Processing Technology*. Pergamon Press, 3° Ed., 1985.