

APLICACIÓN DE LA MONTMORILLONITA EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES ELECTROQUÍMICOS

Gisela Zárate A.¹, Ana Osorio A.¹, Rosemary Vela C.², María H. Carhuancho A.¹

¹ Facultad de Química e Ingeniería Química - Universidad Nacional Mayor de San Marcos

² Facultad de Ciencias Ambientales - Universidad Nacional Agraria - La Molina

RESUMEN

En este trabajo se propone la aplicación de la montmorillonita para la remoción de iones cinc y cobre presentes en efluentes electroquímicos.

Las concentraciones iniciales de los efluentes de cinc con los cuales se trabajó¹, variaron entre 10 y 94 ppm. en Zn^{2+} , encontrándose los valores de pH entre 6-7. Los porcentajes de remoción obtenidos con montmorillonita cálcica y sódica superaron en todos los casos el 98%. Las concentraciones iniciales de los efluentes de cobre oscilaron entre 16 y 160 ppm. en Cu^{2+} . En el tratamiento de estos efluentes con montmorillonita de tipo cálcica se logró una eliminación entre el 98,5 y 85,5%, a valores de pH regulados entre 4-5. En ambos casos se utilizó una relación de 5 gramos de arcilla /200 mL de efluente con una agitación de una hora.

Palabras clave: Montmorillonita, Zinc, Cobre, Efluentes, Electroquímicos.

ABSTRACT

In this work it is proposed the usage of montmorillonite for zinc and copper ion removal from electrochemical effluents.

The initial concentrations of zinc effluents analyzed in this work¹, varied between 10 and 94 ppm in Zn^{2+} , being the pH between values 6-7. The obtained percentage of removal with calcic and sodic montmorillonite surpassed in all the cases 98%. The initial concentrations of copper effluents oscillated between 16 and 160 ppm. in Cu^{2+} . In the treatment of these effluents with calcic montmorillonite an elimination between 98.5 and 85.5% was reached at pH values between 4-5. In both cases it was used a relation of 5 grams of clay /200 milliliters of effluent for one hour agitation.

Keywords: Montmorillonite, Zinc, Cooper, Effluents, Electrochemical.

I. INTRODUCCIÓN

Los efluentes de muchas empresas electroquímicas, contienen elevada concentración de elementos nocivos derivados de este tipo de actividad, que forman parte del gran problema de contaminación ambiental que hasta hoy no es controlado.

La concentración de metales tales como cinc y cobre, que se eliminan a través de este tipo de efluentes superan por lo general los

parámetros establecidos por las normas que regulan las concentraciones máximas permisibles¹.

El elevado costo de las técnicas convencionales usadas para el tratamiento de efluentes electroquímicos ha orientado a la búsqueda de métodos más baratos y de fácil aplicación. Así lo demuestran por ejemplo, trabajos en los que se aplica la adsorción y aquellos basados en el uso de materiales económicos, como las arcillas que por su bajo costo

y gran abundancia constituyen un potencial que debe ser aprovechado. Dentro de éstos últimos, se cuenta con investigaciones tales como las de Fair & Gaiyer (1996)², quienes encontraron que la remoción de mercurio por arcillas caoliníticas y arcillas montmorilloníticas era dependiente del pH, incrementándose dicha remoción cuando se trabaja con rangos de pH que varían entre 2,0-8,0. encontrándose que la remoción de mercurio en las arcillas montmorilloníticas era cinco veces más grande que en las arcillas caoliníticas².

En nuestro país, Osorio A. y Zárate G.³, evaluaron la capacidad de intercambio iónico del ión Ca^{+2} por el ión sodio Na^{+1} en función de la concentración del medio y del pH; encontrando que el intercambio iónico se favorece en mayor proporción en las arcillas montmorilloníticas que en las caoliníticas.

Estudios de adsorción batch, realizados por M.R. Sun Kou et al⁴, utilizando bentonitas peruanas termo-activadas demuestran que es posible la eliminación del cromo de los efluentes

Por otra parte, Osorio, A. et al⁵ aplicando arcillas naturales en la descontaminación de soluciones simuladas de efluentes mineros, obtuvo importantes porcentajes de remoción de plomo y cobre.

El presente trabajo es parte de la Tesis presentada por Zárate, G¹., quién propone el uso de las arcillas en su estado natural como agente descontaminante de efluentes electroquímicos, por su bajo costo, accesibilidad y abundancia.

II. PARTE EXPERIMENTAL

Se emplearon cuatro muestras de arcilla identificadas por difracción de rayos X como montmorillonitas (malla -200), las cuales se codificaron como: M-1, M-2, M-3 y M-4. Algunas de sus propiedades físicas y químicas se detallan en las tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla N° 1. Grado de Hinchabilidad de la arcilla.

| ARCILLA | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 |
|----------------------------------|------|------|-------|-------|
| HINCHABILIDAD (cm ³) | 5,00 | 6,00 | 12,40 | 20,00 |

Tabla N° 2. Análisis químico de las arcillas.

| Arcilla | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| % Oxidos | | | | |
| Al ₂ O ₃ | 11,75 | 15,70 | 12,13 | 11,09 |
| SiO ₂ | 68,96 | 54,16 | 62,76 | 62,84 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,94 | 2,28 | 3,04 | 3,00 |
| MgO | 1,03 | 3,52 | 2,04 | 1,93 |
| CaO | 3,28 | 1,84 | 0,89 | 0,94 |
| Na ₂ O | 2,80 | 0,54 | 2,13 | 3,94 |
| K ₂ O | 1,02 | 0,38 | 0,54 | 0,51 |
| H ₂ O 105°C (*) | 3,84 | 7,14 | 10,62 | 10,24 |
| Ppc (**) | 9,08 | 13,09 | 15,66 | 14,70 |

(*) Análisis de Humedad.

(**) Análisis de pérdidas por calcinación.

Las arcillas M-1 y M-2 fueron identificadas como montmorillonitas cálcicas debido a su mayor contenido en calcio respecto al sodio así como por su baja capacidad de retener agua. Las arcillas M-3 y M-4 se identificaron como montmorillonitas sódicas debido a su gran hinchabilidad y contenido de sodio en mayor proporción al calcio.

Los efluentes electroquímicos de cinc y cobre fueron proporcionados por una empresa electroquímica del país. La forma de trabajo para ambos tipos de efluentes fue la misma: se ponen en contacto 5,0 gramos de arcilla con 200 mL de efluente y se agita por un período de 60 minutos; las soluciones se dejan reposar, el sólido se recupera por filtración y en la solución se determina la concentración final de iones cinc o cobre según el tipo de efluente.

Estos
ron d
G. Zá
Zn⁺².

Los e
aprox
mues
ajuste
contra
las er
hizo L

Para
Zn⁺² y
ción a
700 y
límite
hasta
ppm.

III. RE

En la
nes fi
pués
obser
iones
ppm.

Tabla f
y final

Conc
ir
pp

Las g
je de
ambos
inicial
entre

arcilla.

| | |
|----|-------|
| 3 | M-4 |
| 40 | 20,00 |

s.

| | |
|-----|-------|
| 1-3 | M-4 |
| 13 | 11,09 |
| 76 | 62,84 |
| 34 | 3,00 |
| 34 | 1,93 |
| 39 | 0,94 |
| 13 | 3,94 |
| 34 | 0,51 |
| 62 | 10,24 |
| 56 | 14,70 |

Estos parámetros de trabajo se establecieron de acuerdo a las pruebas realizadas por G. Zárate³ con soluciones patrón de Cu⁺² y Zn⁺².

Los efluentes de zinc que presentaron un pH aproximado de 7 se trataron directamente. Las muestras del efluente de cobre requirieron el ajuste del medio a un pH entre 4 y 5 por encontrarse en medio básico, antes de ponerlas en contacto con las arcillas. El ajuste se hizo usando una solución 0,01M de HCl.

Para determinar la concentración de iones Zn⁺² y Cu⁺² se usaron dos equipos de absorción atómica, un PYE UNICAM modelo SP9 700 y un SHIMATSU MODELO 6200, cuyos límites de detección fueron: para el cobre hasta 0,005 ppm y para el zinc hasta 0,015 ppm.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran las concentraciones finales de iones Zn⁺² en el efluente después del contacto con las arcillas. En ella se observa que las concentraciones finales de iones Zn⁺² fueron iguales o menores que 1,6 ppm.

Tabla Nº 3. Comparación entre la concentración inicial y final de iones Zn⁺² en el efluente.

| Concentración inicial ppm Zn ⁺² | Concentración de Zn ⁺² final en el efluente (ppm) | | | |
|--|--|-------|-------|-------|
| | M - 1 | M - 2 | M - 3 | M - 4 |
| 11.0 | 0.09 | 0.02 | 0.00 | 0.02 |
| 12.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 22.5 | 0.07 | 0.08 | 0.05 | 0.03 |
| 36.0 | 0.25 | 0.38 | 0.15 | 0.12 |
| 46.5 | 0.51 | 1.02 | 0.24 | 0.23 |
| 94.0 | 1.60 | 1.40 | 0.80 | 0.65 |

Las gráficas 1 y 2 muestran que el porcentaje de remoción de iones zinc obtenido con ambos tipos de arcilla para concentraciones iniciales de hasta 100 ppm, se encuentra entre 98 y 100%.

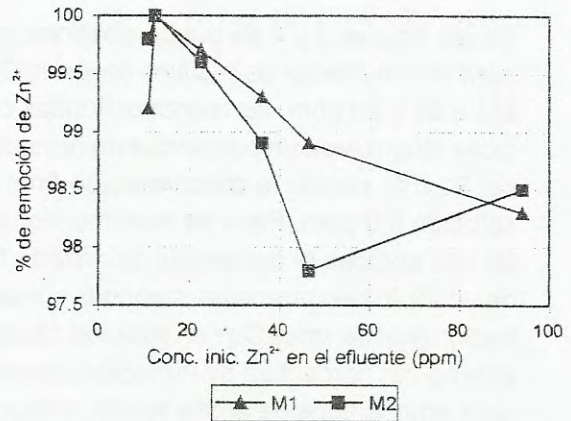


Figura Nº 1. Correlación del porcentaje de remoción en función de la concentración inicial de iones Zn⁺² en efluente de cinc-montmorillonitas cálcicas.

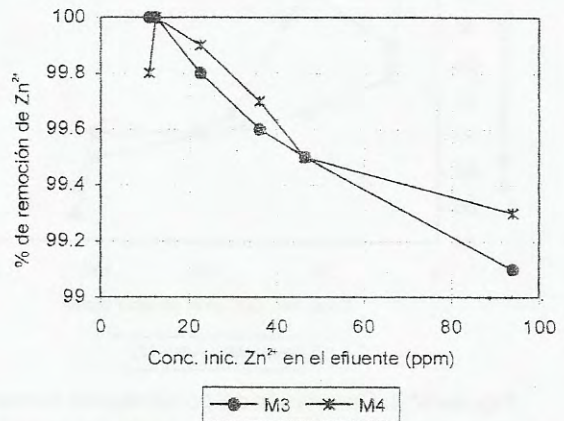


Figura Nº 2. Correlación del porcentaje de remoción en función de la conc. inicial de iones Zn⁺² en efluente de cinc-montmorillonitas sódicas.

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones finales de iones Cu⁺² en el efluente después del contacto con las arcillas. De ésta se desprende que utilizando montmorillonitas cálcicas se obtiene menores concentraciones de este ion en el efluente tratado.

Tabla Nº 4. Comparación entre la concentración inicial y final de iones Cu⁺² en el efluente.

| Concentración inicial ppm Cu ⁺² | | | | Concentración de Cu ⁺² final en efluente (ppm) | | | |
|--|-------|-------|--------|---|-------|-------|-------|
| M - 1 | M - 2 | M - 3 | M - 4 | M - 1 | M - 2 | M - 3 | M - 4 |
| 16.5 | 21.30 | 21.30 | 21.30 | 0.24 | 1.07 | 0.93 | 3.30 |
| 21.3 | 57.00 | 48.60 | 48.60 | 1.43 | 1.00 | 7.46 | 8.00 |
| 57.0 | 90.50 | 84.25 | 85.00 | 5.00 | 8.09 | 20.05 | 17.80 |
| 85.0 | 106.0 | 90.50 | 106.00 | 8.10 | 10.50 | 22.50 | 25.80 |
| 151.0 | 151.0 | 151.0 | 151.0 | 17.00 | 15.10 | 69.60 | 67.45 |
| 160.0 | 160.0 | 160.0 | 160.0 | 23.00 | 20.80 | 59.00 | 57.00 |

En las figuras 3 y 4 se puede observar que para concentraciones iniciales de iones Cu^{2+} entre 85 y 90 ppm, las montmorillonitas cálcicas alcanzaron un porcentaje de remoción del 91,0%, siendo la concentración final en solución 8,0 ppm. Para las montmorillonitas de tipo sódicas el porcentaje alcanzado fue de un 78,0% en promedio, siendo la concentración final de iones Cu^{2+} en solución 18 ppm. El irregular porcentaje de remoción obtenido para ambos tipos de arcilla puede atribuirse a varios factores entre ellos al pH.

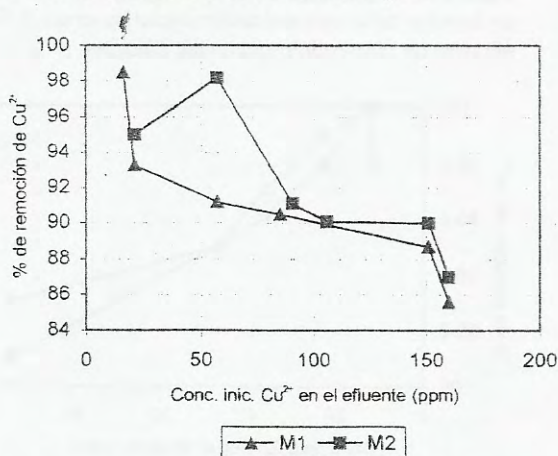


Figura N° 3. Correlación del porcentaje de remoción en función de la concentración inicial de iones Cu^{2+} en efluente de cobre-montmorillonitas cálcicas.

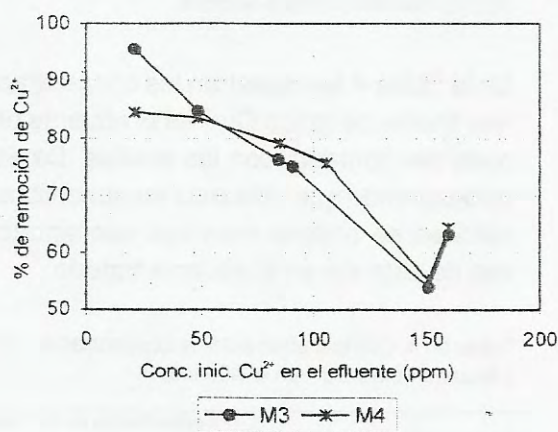


Figura N° 4. Correlación del porcentaje de remoción en función de la concentración inicial de iones Cu^{2+} en efluente de cobre-montmorillonitas sódicas.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento de los efluentes electroquímicos con las montmorillonitas de trabajo logra una remoción de iones Zn^{2+}

superior al 99% tanto con montmorillonitas sódicas como cálcicas para concentraciones de 94 ppm cuando se encuentran en un pH 6-7.

2. Se alcanza una remoción de iones Cu^{2+} del 98 % para concentraciones de 57 ppm siendo la concentración final en solución 1,0 ppm y, una remoción del 90% aproximadamente para concentraciones de 160 ppm con montmorillonitas tipo cálcicas para valores de pH regulados entre 4-5.
3. Es necesario regular el pH para optimizar la remoción de iones Zn^{2+} y Cu^{2+} cuando estos efluentes se encuentran en medio básico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zárata G., «Aplicación de las arcillas en el tratamiento de efluentes electroquímicos». Tesis de Ingeniería Química. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.
2. Fair G. y Gaiyer C., Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales. Editorial Limusa, undécima reimpresión, Tomo II (1996) 209-212
3. Osorio, A., Zárata G., «Evaluación Teórico Experimental del Intercambio Iónico en Arcillas», VI Congreso Peruano de Ingeniería Química, libro de resumen, Lima (1996). 2
4. Sun Kuon, Maria Rosario, «Estudios de remoción de Cromo por arcillas montmorillonitas». Monografías. Facultad de Ingeniería Química-Universidad Nacional de Ingeniería (2000).
5. Osorio, A., Bazán D., Carhuancho M., Salas N., Zárata G., Lengua R., Aguirre R., Becerra E. «Aplicación de la montmorillonita en la descontaminación de efluentes mineros», Revista Sociedad Química del Perú, 2004, 70 N°1, 18-26.