

Disminución de la contaminación ambiental mediante la recuperación de metales de las colas del proceso ácido de Moa



<https://eqrcode.co/a/pCAAU1>

Decrease in environmental pollution by recovery of metals from the tails of the acid Moa process

Osniel Reyes Padilla^{1*}, Anel Hernández Garces², Anolan Díaz Fernández¹,
Esteban Alfonso Olmos¹

RESUMEN: El cuidado del medio ambiente es una tarea de todos hoy en el mundo, producto a que con la industrialización existente las grandes empresas explotan los recursos minerales olvidando que es la naturaleza la que se los está proporcionando, devolviéndole a la misma un material contaminado. El objetivo de este trabajo es disminuir la contaminación ambiental mediante la recuperación de metales de las colas del proceso ácido de Moa. En este trabajo se realizó un diseño de experimento que organizó 11 corridas experimentales donde se aplicaron distintas formulaciones de mezclas de cola del proceso ácido de Moa con carbonato de sodio, donde las variables determinantes fueron: Temperatura de calcinación (300, 600 y 900 °C), tiempo de calcinación (30, 50 y 70 minutos) y consumo de carbonato de sodio de (8, 14 y 20 g). Las variables de respuesta de este diseño fueron: Ley de hierro %, porcentaje de extracción de cromo, aluminio y sulfato. Los mejores resultados se obtuvieron con 900 °C, 30 minutos de tiempo de calcinación y 20 g de consumo de carbonato de sodio, obteniéndose una ley de hierro máxima de 76.8 % y extracciones de 72 % Cromo, 63 % Aluminio y 71 % de sulfato. El consumo de carbonato de sodio es 250 kg NaCO₃ / t Cola.

Palabras clave: Calcinación, carbonato de sodio, cola.

ABSTRACT: Caring for the environment is a task for everyone in the world today, as a result of the fact that, with existing industrialization, large companies exploit mineral resources, forgetting that it is nature that is providing them, returning contaminated material to it. The objective of this work is to reduce environmental pollution by recovering metals from the tails of the Moa acid process. In this work an experiment design was carried out that organized 11 experimental runs where different formulations of tail mixtures of the acidic Moa process with sodium carbonate were applied, where the determining variables were: Calcination temperature (300, 600 and 900 °C), calcination time (30, 50 and 70 minutes) and sodium carbonate consumption of (8, 14 and 20 g). The response variables of this design were: Iron%, percentage of chromium, aluminum and sulfate extraction. The best results were obtained with 900 °C, 30 minutes of calcination time and 20 g of sodium carbonate consumption, obtaining a maximum iron grade of 76.8% and extractions of 72% Chrome, 63% Aluminum and 71% sulfate. The consumption of sodium carbonate is 250 kg NaCO₃ / t Tails.

Keywords: Calcination, sodium carbonate, tails.

Recibido: 07/01/2020

Aprobado en su forma original: 10/06/2020

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), La Habana, Cuba

²Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba

*Autor para correspondencia: *Osniel Reyes Padilla*. E-mail: osniel@cipimm.minem.cu

INTRODUCCIÓN

Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no solo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos directos de los contaminantes para la salud ([Ballester, 2005](#)). La Organización Mundial de la Salud considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud. Tanto en el campo de la clínica, como en el de la salud pública, la contaminación atmosférica es un fenómeno conocido y estudiado desde la antigüedad. En el mundo contemporáneo cobra una gran importancia a partir de una serie de episodios que tuvieron lugar en los países industrializados durante la primera mitad del siglo XX. ([Eschenbacher W L, Holian A, & Campion R J, 1995](#)); ([Ware J H, Thibodeau L A, Speizer F E, Colome S, & Ferris B G, 1981](#)). Aunque los niveles actuales de contaminación atmosférica en los países del mundo occidental pueden, en general, considerarse moderados, la preocupación acerca de sus posibles efectos en la salud de las personas persiste. Por un lado, en los últimos años un número importante de estudios realizados en distintas ciudades ha encontrado que, aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, los incrementos de los niveles de la contaminación atmosférica se asocian con efectos nocivos sobre la salud ([Pope & Kanner, 1993](#)) ([Touloumi, Samoli, & Katsouyanni, 1996](#)). Importantes sectores de la población se encuentran expuestos a contaminantes atmosféricos con posibles repercusiones negativas sobre su salud.

Hoy Cuba cuenta con inmensas reservas de colas del proceso de lixiviación ácida de la planta productora de níquel y cobalto, comandante Pedro Soto Alba de Moa provincia de Holguín. Esta como resultado del proceso productivo genera al medio ambiente grandes cantidades de residuos líquidos ácidos (Licor wL) y sólidos (Colas). La planta procesa al año unos 2 000 000 de toneladas de mineral que además del contenido de níquel y cobalto, contiene otros elementos metálicos catalogados contaminantes para la salud humana pero con un alto valor

económico en el mercado además de un alto contenido de hierro (> 45 %) alto con oportunidad de ser usado para la industria siderúrgica en la producción de arrabio y acero. Dicho residuo sólido (cola) depositado en la presa de cola viaja a través de los efluentes hacia los cuerpos receptores originando una contaminación de la hidrología, suelo, la flora y la fauna, que repercute en la salud de los pobladores del municipio de Moa.

El objetivo de este trabajo es disminuir el impacto provocado al medio ambiente por los residuos sólidos (colas), a partir de la recuperación de elementos metálicos contaminantes que forman parte de este residual sólido para la obtención de aluminatos y cromatos con uso industrial. Además de la obtención de óxido de hierro de alta ley, para su utilización como base en las producciones de hierro esponja material primordial para la producción arrabio y aceros en las plantas siderúrgicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con una cola de níquel del proceso ácido de Moa con la siguiente composición química:

Tabla 1. Composición química

Elementos	%
Ni	0,06
Co	0,008
Fe	44
Cr	2,10
Al	4,30
Mn	0,43
Mg	0,35
SiO ₂	3,52
SO ₄ ²⁻	8,06

La cola utilizada está constituida fundamentalmente por hierro con un 44 % acompañada de los elementos metálicos cromo 2.10 %, aluminio 4.30 % y sulfato 8.06 %. Este último elemento que incide en el uso de esta cola para la producción de acero.

Caracterización química

Los análisis químicos se ejecutaron según los procedimientos establecidos del Departamento de Caracterización de Materiales del Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) para este tipo de minerales (DCM-PT-09-001 y DCM-PT-09-002).

Selección de variables determinantes

Para la realización de los experimentos se empleó un diseño de experimentos. El estudio del arte proporcionó algunos parámetros pero luego de una revisión de diferentes trabajos, se llegó a la conclusión que las más influyentes son:

- Temperatura de calcinación.
- Tiempo de calcinación.
- Consumo de carbonato de sodio.

Se seleccionó un diseño de experimento (Diseño de Cribado de un cuarto de fracción 2^{5-2} , con 11 corridas incluyendo 3 repeticiones del punto central para la evaluación de la precisión de las mediciones). Para realizar los cálculos estadísticos del efecto de las variables se utilizó el Statgrafic. El rango de las variables seleccionadas se estableció sobre la base de experiencias anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Disminución de la contaminación ambiental mediante la recuperación de metales de las colas del proceso ácido de Moa

Los estudios de calcinación sobre la mezcla de cola del proceso ácido de Moa con carbonato de

sodio, se realizaron basados en estudios realizados por investigadores del CIPIMM con pruebas hechas al propio mineral con el objetivo de obtener una mejor extracción de níquel y cobalto, ([Mardanov y Herrera, 1969](#)).

Los resultados del diseño de experimento de la calcinación con el uso de carbonato de sodio, se reportan en la tabla 3. Los resultados indicaron que el consumo de carbonato de sodio fue la variable más significativa, obteniéndose los mejores resultados de extracción en su nivel más alto: 20 g. El experimento 2 fue el que aportó los mejores resultados y al que corresponden: Temperatura de calcinación -900 °C, tiempo de calcinación - 30 min y consumo de carbonato de sodio de 20 %, con lo que se obtiene una ley de hierro de 76,8 % y extracciones de cromo, aluminio y sulfato de 72 %, 63 % y 71 % respectivamente.

Diseño de Experimentos

Evaluando los resultados alcanzados con este diseño de experimento podemos ver que un aumento del consumo de carbonato de sodio se logra los mejores resultados combinándolos con las altas temperaturas no siendo así de favorables cuando se utilizan bajos consumos de carbonato de sodio y temperatura.

Estos resultados pueden verse en forma gráfica en la [figura 1](#) para los elementos metálicos Fe, Cr, Al y SO_4 .

Este resultado proporcionara una mejora ambiental al poblado de Moa del cual se le podrá proporcionar un uso a la cola que servirá de material para la producción de hierro esponja, material imprescindible para la producción de acero.

Tabla 2. Matriz experimental para la calcinación de las mezclas de Cola/carbonato de sodio

Corrida	Temperatura de calcinación (°C)	Tiempo de calcinación (min)	Consumo de Na_2CO_3 (%)
1	300	70	20
2	900	30	20
3	900	30	8
4	600	50	14
5	300	30	20
6	900	70	20
7	300	30	8
8	900	70	8
9	600	50	14
10	300	70	8
11	600	50	14

Tabla 3. Resultados de calcinación de la cola del proceso ácido de Moa con el carbonato de sodio

Corrida	Temperatura de calcinado (°C)	Tiempo de calcinación de la cola (min)	Contenido de Na ₂ CO ₃ (%)	Extracción %			
				Ley Fe ₂ O ₃ (%)	CrO ₄ ²⁻ (%)	AlO ₂ ⁻¹ (%)	SO ₄ ⁻² (%)
1	300	70	20	66.0	59.3	61	65
2	900	30	20	76.8	72.6	59.3	71
3	900	30	8	75.3	47.1	57	60
4	600	50	14	72.3	48.9	59	63
5	300	30	20	69.0	56.8	63	66
6	900	70	20	72.4	70.1	63	70
7	300	30	8	75.3	57.5	57	60
8	900	70	8	69.5	51.5	57	60
9	600	50	14	75.8	51.7	60	65
10	300	70	8	74.9	53.7	56	60
11	600	50	14	66.0	55.9	59	65

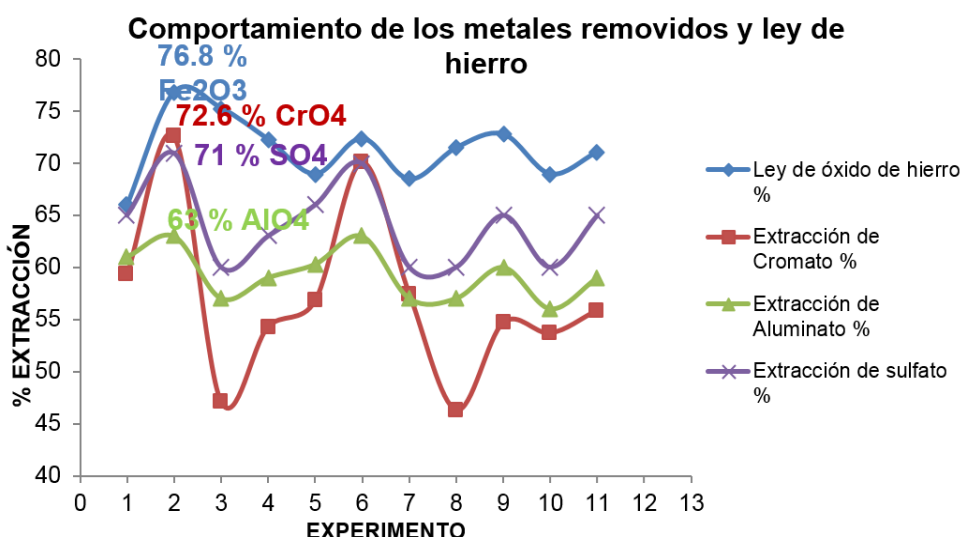


Figura 1. Comportamiento de la ley de hierro y la extracción de cromo, aluminio y sulfato. Experimentos del 1 al 11

De todo este análisis anterior podemos observar los siguientes aspectos, los que se seleccionan a continuación

- El proceso de calcinación con el uso de carbonato de sodio, reportó ser un proceso adecuado para el tratamiento de las colas del proceso ácido lográndose un producto útil para la industria siderúrgica.
- La calcinación de la cola acida reportó buenos resultados, cuando se trabaja con altas

temperaturas y consumo de carbonato de sodio, variando la ley de hierro entre 69 76,8 %, lo que representa un consumo de carbonato de sodio de 250 kg/ t de cola.

- Es importante realizar estudios más detallados de la calcinación por un tiempo más prolongado, para así establecer los valores óptimos de temperatura y consumo de carbonato de sodio.

CONCLUSIONES

1. Se logró una recuperación máxima en la prueba No. 2 obteniendo 72 % de cromo, 63 % de aluminio y 71 % sulfato presente en el residual sólido utilizando el proceso de calcinación con las siguientes condiciones: 900 ° C de temperatura, 20 % de carbonato de sodio y 30 minutos de tiempo de calcinación.
2. La recuperación de los metales contaminantes a partir del residual sólido, mostró resultados positivos de óxido de hierro, se incrementó el contenido de hierro con valores entre 69.5% y 76.8 % de óxido de hierro factible de utilizar para la obtención de hierro esponja material importante en la producción de acero.
3. Se comprobó la viabilidad del proceso de calcinación del residual sólido proveniente de la planta Moa Ni S.A, utilizando el carbonato de sodio.

RECOMENDACIONES

1. Continuar las pruebas de calcinación para determinar la temperatura óptima de calcinación.
2. Realizar las corridas a nivel de planta piloto para establecer los parámetros tecnológicos, ambientales y económicos de diseño de la tecnología propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriano, D. C. 2001. Arsenic. In *Trace elements in terrestrial environments*, Springer: 219-261.
- Armienta-Hernández, M. A., & Rodríguez-Castillo, R. 1995. "Environmental exposure to chromium compounds in the valley of León". *Environmental Health Perspectives*, 103 (suppl 1):47-51.
- Babel S. & Dacera DDM. 2006. "Heavy metal removal from contaminated sludge for land application". A review. *Waste Management*, 26: 988-1004.
- Ballester, F. 2005. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175, DOI: 10.1590/S1135-57272005000200005
- Bartlett, R. J., & Kimble, J. M. 1976. "Behavior of Chromium in Soils: II. Hexavalent Forms". *Journal of Environmental Quality*, 5(4):383-386.
- Beattie, J. K., & Haight, G. P. 1972. Chromium (VI) oxidations of inorganic substrates. *Inorganic Reaction Mechanisms, Part 2 (Progress in Inorganic Chemistry, 17: 93-145.*
- Cobos, O. F. H., Cataño, D. L., & Hernández, H. E. 2005. "Reducción del cromo contenido en efluentes líquidos de la industria del cuero, mediante un proceso adsorción-desorción con algas marinas". *Scientia et Technica*, 3(29):115-120
- Dermont G, Bergeron M. & Mercier G. 2008. "Soil washing for metal removal: A review of physical/chemical technologies and field applications". *Journal of Hazardous Materials*, 152:1-31.
- Eccles H. 1999."Treatment of metal-contaminated wastes: why select a biological process?" *Trends in Biotechnology*, 17:462-465.
- Eschenbacher W L, Holian A, & Champion R J. 1995. Air toxics and asthma: impacts and end points. *Environmental Health Perspectives* , 103(suppl 6), 209-211, DOI:10.1289/ehp.95103s6209
- García Peña, E. 2011. Extracción de Cobalto por lixiviación ácida de los residuales sólidos de la Tecnología Carbonato Amoniacal. Tesis en opción al título de Master en Metalurgia, Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico "Dr. Antonio Nuñez Jimenez", 78p.
- Gallardo-Lara F & Nogales R. 1987. "Effect of the application of town refuses compost on the soil-plant system". A review. *Biological Wastes*, 19:35-62.
- Gallardo Martínez, D., Cabrera Díaz, I., Bruguera Amara, N & Madrazo Escalona, F. 2013."Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río". *Revista Científica Avances*, Vol.5 (1),enero-marzo: 98-116, ISSN:1562-3297.
- Giusquiani PL, Pagliai M, Gigliotti G, Businelli D & Benetti A. 1995. "Urban waste compost: Effects on physical, chemical and biochemical soil properties". *Journal Environmental Quality*, 24:175-182.

- Jong, T. & Parry DL. 2003. "Removal of sulphate and heavy metals by sulphate reducing bacteria in short-term bench scale upflow anaerobic packed bed reactor runs". *Water Research*, 37: 3379-3389.
- Kratochvil, D., Pimentel, P. & Volesky, B. 1998. "Removal of trivalent and hexavalent chromium by seaweed biosorbent". *Environmental Science & Technology*, 32(18): 2693-2698.
- Krebs W, Brombacher C, Bosshard PP, Bachofen R & Brandl H. 1997. "Microbial recovery of metals from solids". *FEMS Microbiology reviews*; 20: 605-617.
- Mardanov, A. & Herrera, V. 1969. Aplicación del método de calcinación alcalina y lixiviación con agua al mineral laterítico de Moa. Reporte de Investigación, No.501. La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones para al Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM).
- Mulligan CN, Yong RN. & Gibbs BF. 2001. "An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments". *Journal of Hazardous Materials* , 85:145-163.
- Nriagu, JO & Azcue JM . 1990. Food contamination with arsenic in the environment. In: Simmons JON and MS, ed. *Food Contamination from environmental sources*: Inc. N.Y. John Wiley & Sons, 121-144p.
- Pérez Morales, Mayra. 2015. Inventario de Emisiones. *In Maestría de Toxicología Ambiental*.
- Pope, C. A. & Kanner, R. E. 1993. "Acute Effects of PM10 Pollution on Pulmonary Function of Smokers with Mild to Moderate Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Review of Respiratory Disease*, 147(6_pt_1):1336-1340, DOI: 10.1164/ajrccm/147.6_Pt_1.1336.
- Rangel Cordova, A. A., Isarain Chávez, E., & Maldonado Vega, M. 2015. "Caracterización y recuperación de sales de cromo hexavalente de un pasivo ambiental". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(4): 427-437.
- Secretaría de Ambiente y desarrollo sustentable. Decreto 831/93 Anexo VI. Available: <http://www2.medioambiente.gov.ar/mlegal/residuos/dec831/dec831_anxVI.htm >, [Consulted: February 11, 2020].
- Stylianou MA, Kollia D, Haralambous K-J, Inglezakis VJ, Moustakas KG. & Loizidou MZ. 2007. "Effect of acid treatment on the removal of heavy metals from sewage sludge". *Desalination*, 215:73-81.
- Touloumi, G., Samoli, E., & Katsouyanni, K. 1996. "Daily mortality and "winter type" air pollution in Athens, Greece--a time series analysis within the APHEA project." *Journal of Epidemiology & Community Health*, 50(Suppl 1): 47-s51, DOI:10.1136/jech.50.Suppl_1.s47
- Ware J H, Thibodeau L A, Speizer F E, Colome S, & Ferris B G. 1981. Assessment of the health effects of atmospheric sulfur oxides and particulate matter: evidence from observational studies. *Environmental Health Perspectives* , 41, 255-276, DOI:10.1289/ehp.8141255
- Wong JWC, Xiang L, Gu XY & Zhou LX. 2004. "Bioleaching of heavy metals from anaerobically digested sewage sludge using FeS₂ as an energy source". *Chemosphere*, (55):101-107.
- Wright, P. J. & Weber, J. H. 1991. "Biosorption of inorganic tin and methyltin compounds by estuarine macroalgae". *Environmental Science & Technology* , 25(2):287-294, DOI: 10.1021/es00014a011
- Xing-Run, W., Yan-Xia, Z., Qi, W. & Jian-Min, S. 2012. "Effect and removal mechanisms of 6 different washing agents for building wastes containing chromium". *The Scientific World Journal*, 2012.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)