

CARACTERIZACIÓN DE LAS ESCORIAS DE COBRE Y LOS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DEL DEPÓSITO ABANDONADO EN SECTOR PLAYA NEGRA, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE

A. Nazer¹, O. Pavez², L. González¹

¹Instituto Tecnológico, Universidad de Atacama

Av. Copayapu 485, Copiapó, Chile. E-mail: amin.nazer@uda.cl

²Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama y Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama

Av. Copayapu 485, Copiapó, Chile. E-mail: osvaldo.pavez@uda.cl

RESUMEN

La Región de Atacama en Chile, históricamente ha basado su riqueza en la producción minera. Antecedentes bibliográficos indican que en esta región, existieron decenas de fundiciones de cobre, ubicadas en las cercanías de los yacimientos mineros. Estas fundiciones generaron depósitos de escorias de cobre, los cuales han sido abandonados, y en algunos casos por casi dos siglos. Uno de estos escoriales se encuentra en una playa del sector costero, denominado Playa_Negra en el Puerto de Caldera de la Región de Atacama, en la cual, una parte del depósito se encuentra en la playa y otra parte en el océano. En el presente trabajo se presenta una caracterización física y química de las escorias de cobre de la playa y una caracterización química del agua de mar del sector. Se concluye que el escorial abandonado genera impactos ambientales en Playa Negra, lo que se traduce en la presencia de metales pesados en la arena de playa y la contaminación visual del paisaje del lugar.

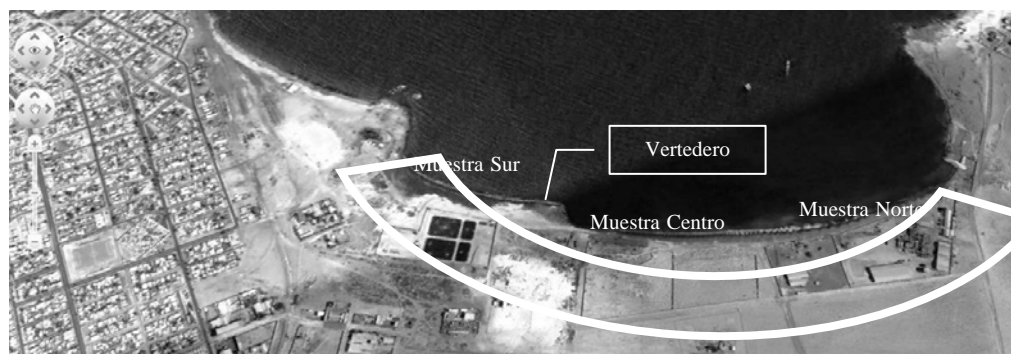
PALABRAS CLAVES: escorias de cobre; caracterización; contaminación; playa; Región de Atacama.

1. INTRODUCCIÓN

La escoria de cobre es un residuo metalúrgico masivo producto de la fusión de los concentrados de cobre en la fundición y es depositada directamente en vertederos de amplia extensión. La escoria se considera un pasivo ambiental y puede permanecer en los lugares de acopio por tiempo indefinido, en Chile se registran depósitos de al menos 100 años de antigüedad. Los volúmenes vertidos ocupan grandes extensiones de superficies de terreno y muchas veces restan terreno cultivable e impactan negativamente al medio ambiente por la potencial lixiviación natural de metales pesados (Demetrio *et al.*, 2000) y por la contaminación visual del paisaje.

En el siglo XIX se estableció una fundición de cobre en las cercanías del Puerto de Caldera en la Región de Atacama en Chile, la cual permaneció en funcionamiento hasta comienzos del siglo XX. Esta actividad pirometalúrgica generó grandes volúmenes de escorias, los cuales fueron vertidos en la costa del sector denominado Playa Negra, una playa de al menos dos kilómetros de extensión, nombre dado por el color de las escorias distribuidas a lo largo de todo el sector costero. Este depósito de escorias en una playa no es el único a nivel mundial, ya que un caso similar de depósito masivo de escorias de cobre se observa en la costa de las localidades de Ilo e Ite en Perú (Foco ONG, 2008).

La localidad de Caldera es la zona de balnearios más importante de la Región de Atacama, con al menos 15 playas que son muy concurridas por los turistas en época estival. La presencia de escorias en una de sus playas localizada dentro del radio urbano de la ciudad, aleja la presencia de turistas y residentes de la ciudad. Estas escorias se han distribuido parcialmente a lo largo de la costa y océano debido a las marejadas y a tsunamis ocurridos en el siglo XX. El área de impacto medioambiental producto del depósito de escorias en la playa, se aprecia en la fotografía 1, la que también presenta las zonas de muestreo (Norte, Centro y Sur).



Fotografía 1. Área de impacto medioambiental debido al transporte de escorias de cobre por las marejadas, indicándose las zonas de muestreo.

En la fotografía 2, se aprecia la escoria de fundición de cobre de diferentes tamaños distribuidas a lo largo de toda la playa. En el presente trabajo se muestran resultados de la caracterización física y química de las escorias y arenas de playa, así como los resultados de la presencia de metales pesados en el agua de mar, producto del aporte potencial de las escorias.



Fotografía 2. Escorial de Playa Negra, Caldera, Chile.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Materiales

Escoria de cobre: La escoria de cobre empleada en los ensayos se obtuvo del vertedero existente en Playa Negra. Se tomaron muestras tanto en el acopio de la playa como en el existente en la orilla. Para este último, se obtuvieron muestras de arena húmeda que se encontraba combinada con escoria.

Agua de mar: Se extrajeron muestras de agua de mar, de diferentes puntos de la costa del sector afectado con la presencia de escorias de cobre.

2.2. Métodos

Toma de muestras de escorias: Se practicaron 4 calicatas de aproximadamente un metro de profundidad en diversos puntos seleccionados del escorial, utilizando para ello una retroexcavadora. Las muestras obtenidas, de 50 kilogramos aproximadamente, fueron colocadas en sacos de fibras plásticas y transportadas al laboratorio de la Universidad de Atacama para su análisis. Las muestras de arena con escoria obtenidas en la orilla del mar utilizando una pala, se colectaron en 3 puntos seleccionados a lo largo de la playa del sector, posteriormente se transportaron en bolsas de polietileno herméticas a la universidad.

Toma de muestras de agua de mar: Se tomaron tres muestras de agua de orilla de mar, identificadas como muestra Norte, muestra Centro y muestra Sur, separadas entre ellas una distancia de 300 m aproximadamente. La toma de muestra se hizo empleando un balde de 5 litros en cada punto, las cuales se trasvasijaron a bidones y posteriormente transportados para su análisis, al laboratorio de la Universidad de Atacama.

Análisis físico: Los análisis físicos se realizaron luego de una homogenización y cuarteo de las muestras sólidas. Se realizaron análisis granulométricos, siguiendo la norma NCh 165Of.2009 (INN, 2009), determinación de la Densidad Aparente de acuerdo a la norma NCh 1116Of. 1977 (INN, 1977a), Densidad Real, Neta y Absorción de agua según NCh 1117 Of. 1977 (INN, 1977 b), determinación del metal fino menor que 0.080 mm según norma NCh 1223Of. 1977 (INN, 1977 c), determinación de huecos mediante norma NCh 1326 Of. 1977 (INN, 1977 d) y la determinación de partículas desmenuzables a través de la norma NCh 1327Of. 1977 (INN, 1977 e).

Análisis químico: Se realizaron análisis químicos a las escorias, arenas y agua de mar. Además, en la escoria se determinó el contenido de cloruros y sulfatos mediante norma NCh 1444/1Of. 1980 (INN, 1980). El análisis químico fue por elemento: antimonio, arsénico, cadmio, cobre total, hierro, manganeso, mercurio, plomo y cinc. Se empleó la metodología de análisis de elementos por espectro fotogrametría de absorción atómica en un equipo GBC- Avanta, a excepción de los elementos mercurio y arsénico, que se analizaron por la técnica de generación de hidruros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas I y II, se muestran los resultados obtenidos para la caracterización química del agua de mar, de la arena de playa conteniendo escoria de cobre y de la escoria del depósito en superficie. Se observa en la tabla I que los elementos analizados se encuentran en cantidades bajas, inferiores a lo indicado en la norma de calidad primaria que se aplica a elementos contaminantes de aguas marinas aptas para actividades de recreación con contacto directo. Por lo tanto, según estos antecedentes las aguas no afectarían a las personas. El plomo es el único elemento que se presenta en cantidades muy cercanas a los límites permitidos por la norma, sin embargo la contaminación del agua de mar con este metal pesado, al parecer no se debería exclusivamente a la presencia de escorias en la playa, por lo que se hace necesario precisar su origen a través de otros estudios. En la tabla II se aprecia que las arenas del sector presentan cantidades de metales pesados muy similares a las escorias de cobre, lo cual indicaría que estarían contaminadas con metales pesados. El hierro es el elemento químico que se encuentra en mayor cantidad (20,67%), mientras que en cantidades menores hay presencia de cinc, cobre, manganeso, plomo, antimonio y arsénico.

Tabla I. Caracterización química de agua de mar.

Elemento (mg/L)	Muestra			Límite permitido (mg/L) (MINSEGPRES, 2000)
	Sector Norte	Sector Centro	Sector Sur	
Antimonio	< 0,010	< 0,010	< 0,010	-
Arsénico	0,0029	0,0035	0,0030	0,110
Cadmio	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,033
Cobre	<0,0010	<0,0010	<0,0010	-
Hierro	0,060	<0,010	0,075	-
Manganeso	<0,0025	<0,0025	<0,0025	-
Plomo	0,11	0,12	0,11	0,110
Cinc	0,005	<0,0025	0,006	-

Tabla II. Caracterización química de la escoria y arena de playa.

Elemento	Unidad	Escoria	Arena
Antimonio	%	0,0326	0,0326
Arsénico	%	0,0274	0,0188
Cadmio	%	0,00002	0,000015
Cobre	%	0,42	0,32
Hierro	%	22,14	20,67
Manganeso	%	0,166	0,151
Mercurio	%	< 0,0020	< 0,0020
Plomo	%	0,0328	0,0324
Cinc	%	0,60	0,65

En la tabla III se presenta la distribución granulométrica de la escoria. Se observa en esta tabla que el 100% de la escoria analizada tiene tamaño inferior a 50 mm (aproximadamente 2 pulgadas) y que el 14,2% es arena (tamaño inferior a 4,75 mm.) por lo que se puede inferir que corresponden a tamaños de gravas. Los tamaños de la escoria son superiores a los de la arena de playa.

Tabla III. Análisis granulométrico de la escoria.

Abertura Tamiz (mm)	Porcentaje Pasante Acumulado (%)
50,00	100
38,10	98,1
25,00	87,5
19,00	79,4
12,50	56,6
9,50	39,4
4,75	14,2

Los resultados de la caracterización física de la escoria se muestran en la tabla IV. Se aprecia que la escoria presenta una alta densidad, valor característico para este tipo de material (Rojas, 2004).

Tabla IV. Caracterización física de la escoria.

Propiedad	Valor
Módulo de Finura (%)	1,69
Densidad Aparente (kg/m ³)	1,78
Densidad Real (kg/m ³)	3.180,7
Densidad Neta (kg/m ³)	3.222,8
Absorción de agua (%)	0,41
Material fino menor que 0,080 mm (%)	0,089
Huecos (%)	43,13
Partículas desmenuzables (%)	0,12
Contenido de cloruros (kg Cl/kg escoria)	$2,34 \times 10^{-5}$
Contenido de sulfatos (kg SO ₄ ⁻² / kg escoria)	$1,82 \times 10^{-5}$

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

El agua de mar contiene metales pesados bajo los índices permitidos por el Decreto 144 del MINSEGPRES, el que establece normas de calidad primaria para la protección de aguas marinas aptas para actividades de recreación.

Por otra parte, se puede estimar que las arenas de playa contienen metales pesados producto de la presencia de las escorias de cobre abandonadas en el sector. El hierro es el elemento que se presenta en mayor cantidad en la arena (20,67%), mientras que en cantidades menores se encuentran el cinc, cobre, manganeso, plomo, antimonio y arsénico.

La existencia de las escorias de cobre abandonadas en Playa Negra, afecta fuertemente el paisaje del sector, ya que hay una contaminación visual muy notoria de la playa que trae como consecuencia el alejamiento de turistas y de personas que viven cerca del lugar, permaneciendo la playa y su entorno prácticamente abandonado.

Por otra parte, la caracterización física de la escoria permite sugerir que este material podría tener aplicaciones en la construcción como áridos componentes de morteros y hormigones de cemento. Estudios de morteros y hormigones que utilizan escorias de cobre, confirman este hecho.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al alumno Álvaro Cepeda de la carrera de Tecnología en Construcción Civil de la Universidad de Atacama, quien verificó algunos parámetros físicos de la escoria.

5. REFERENCIAS

Demetrio, S., Ahumada, J., Duran, M., Mast, E., Rojas, U., Sanhueza, J., Reyes, P., and P. Morales, P. Slag Cleaning: The Chilean Copper Smelter Experience. *JOM*, vol. 52, 2000, pp. 20-25.

Foco ONG, Programa de Vigilancia Social de las Empresas Transnacionales. Informe Especial sobre las operaciones de Southern Copper Corporation en el Sur de Perú. Disponible en: <http://www.noalamina.org/descargas/category/11-minera-internacional?download=140%3Alas-operaciones-de-southern-copper-corporation-en-el-sur-de-peru>, p.6, 17-18, 2008.

INN-a, NCh1116.Of1977. Áridos para morteros y hormigones – Determinación de la densidad aparente, Instituto Nacional de Normalización, 1977.

INN-b, NCh 1117.Of1977. Áridos para morteros y hormigones. Determinación de densidades real y neta y absorción de agua de gravas. Instituto Nacional de Normalización, 1977.

INN-c, NCh1223.Of1977. Áridos para morteros y hormigones. Determinación del material fino menor que 0,080 mm. Instituto Nacional de Normalización, 1977.

INN-d, NCh1326.Of1977. Áridos para morteros y hormigones. Determinación de huecos. Instituto Nacional de Normalización, 1977.

INN-e, NCh1327.Of1977: Áridos para morteros y hormigones - Determinación de partículas desmenuzables. Instituto Nacional de Normalización, 1977.

INN, NCh1444.Of1980. Áridos para morteros y hormigones. Determinación de cloruros, sulfatos y sulfuros. Instituto Nacional de Normalización, 1980.

INN NCh165.Of2009. Áridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría, Instituto Nacional de Normalización, 2009.

MINSEGPRES, Decreto N° 144. Establece normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo, 10 p, 2000.

Rojas, F.E. Prefactibilidad técnica del uso de la escoria de cobre en morteros y hormigones. Trabajo de Titulación. Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama, 171 p., 2004.