

Estudio preliminar de los residuos mineros  
Provenientes de la actividad calera  
En el Departamento Sarmiento,  
Provincia de San Juan

Preliminary study of mining waste.  
Proceeding from the limestone quarry  
activity  
In the Sarmiento Department,  
Province of San Juan

M. M. Negrelli<sup>1</sup>

H. Carrascosa<sup>1</sup>

M.S. Ramírez<sup>1</sup>

R. García<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Mineras y Departamento de Ingeniería de Minas,  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.

Av. Libertador General San Martín 1109 (O), Capital, San Juan, CPA: J5400ARL  
[marinelnegrelli@gmail.com](mailto:marinelnegrelli@gmail.com)



## RESUMEN

**E**l Departamento Sarmiento se ha caracterizado históricamente por constituir un polo calero relevante. La actividad se inició en la década de 1940 y su importancia fue aumentando progresivamente siendo, actualmente, proveedor de cales para un numeroso grupo de actividades industriales.

Consecuencia de esta actividad creciente, a lo largo de todo este tiempo se ha producido una acumulación constante de residuos sólidos.

El aprovechamiento de cualquier subproducto generado durante un proceso industrial tiene en la actualidad carácter prioritario, con el doble propósito de su puesta en valor y para minimizar su efecto sobre el ambiente.

Por ello, es de interés buscar aplicaciones concretas para la reutilización de los residuos caleros, considerando su composición.

En este trabajo se presentan estudios destinados a la caracterización química y mineralógica de dichos residuos y su cuantificación para definir posibles usos. Con este objetivo se extrajeron muestras que fueron analizadas mediante los métodos de gravimetría, volumetría, espectroscopia de absorción y emisión atómica, junto con la observación microscópica y el apoyo de difracción por rayos X. Mediante el uso de aplicaciones informáticas sobre imágenes satelitales se identificaron áreas de interés para su posterior cubicación.

Los resultados obtenidos muestran que los residuos estudiados están formados principalmente por materiales con un porcentaje considerable de óxido de calcio y en cantidad suficiente para su aprovechamiento. Estas características permitirían su posible uso como mejoradores de suelos o bien para la elaboración de cales de baja calidad. De esta forma se lograría la rehabilitación de estos terrenos, erradicando un importante pasivo ambiental.

**Palabras Clave:** cales, residuos, caracterización, cuantificación

## ABSTRACT

The Sarmiento Department has historically been characterized as a relevant limestone extraction pole. The activity began in the decade of 1940 and its importance has been increasing progressively, current-

ly being provider of limestone for a large group of industrial activities.

As a result of this growing activity, there has been a constant accumulation of solid waste. The use of any by-product generated during an industrial activity is now a priority, with the double

purpose of benefiting from the value of these by-products and to minimize its effect on the environment.

For this reason, it is sought to find specific applications for reuse of lime waste considering its composition. In this work, studies aimed at the chemical and mineralogical characterization of said wastes and their quantification to define possible uses are presented. For this purpose, samples were analyzed by gravimetric methods, volumetric, absorption spectroscopy and atomic emission, together with microscopic observation and X-ray diffractometry support. Through the use of computer applications on satellite images, areas of interest were identified for subsequent quantification.

The results obtained show that the waste studied consists mainly of materials with a considerable percentage of calcium oxide and in sufficient quantity for its use. These characteristics would allow its possible use as soil improvers or for the production of low quality limes. In this way, the rehabilitation of these lands would be achieved, eradicating an important environmental liability.

**Keywords:** lime, waste, characterization, quantification

## INTRODUCCIÓN

El Departamento Sarmiento, ubicado geográficamente en el centro-sur de la provincia de San Juan, se caracteriza por presentar un paisaje dominado por el piedemonte y su serranía, correspondiente al extremo meridional de la Precordillera sanjuanina; esta unidad geomorfológica posee características geológicas aptas para el desarrollo de una importante y variada actividad minera.

Puntualmente el Distrito Minero Los Berros - Cienaguita (Figura 1) constituye uno de los centros de producción de cales más importante de la República Argentina y posee reservas para el abastecimiento del mercado nacional e internacional, destacándose por su alta calidad.

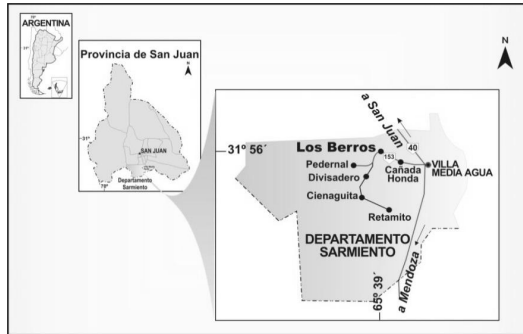


Figura 1. Ubicación del área de estudio

La actividad calera en la provincia de San Juan se inicia después del terremoto de 1944, produciendo materiales necesarios para la reconstrucción edilicia de la capital sanjuanina. Desde ese momento su producción fue aumentando progresivamente y su proyección indica un crecimiento sostenido debido a una mayor demanda de la industria de la construcción y de los proyectos mineros metalíferos que utilizan la cal como insumo básico.

La gran producción de cales en el área de estudio ha causado una acumulación constante de residuos sólidos provenientes de esta actividad. Estos residuos corresponden tanto a material de acopio de estériles procedentes de la explotación, depositados en escombreras, como a material de descarte del proceso de industrialización [1].

Por ello, el objetivo de este trabajo fue lograr una caracterización y cuantificación preliminar de estos residuos, tendientes a definir posibles usos para su aprovechamiento, con el doble propósito de agregarle valor económico y de reducir sus efectos sobre el medio ambiente.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se realizó una caracterización química y mineralógica de las muestras, como así también se realizaron cálculos preliminares de los volúmenes de residuos identificados en el área de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización química y mineralógica de los residuos se tomaron, en esta etapa preliminar, seis (6) muestras representativas de las escombreras de mayor extensión en el área de estudio. (Figura 2).

La caracterización química fue llevada a cabo mediante los métodos gravimétrico y volumétrico para los componentes mayoritarios, e ICP (plasma de acoplamiento inductivo) para los minoritarios.

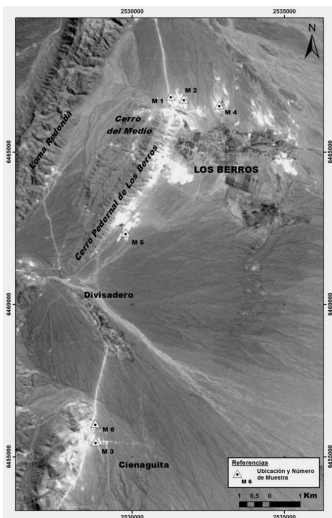


Figura 2. Ubicación de sectores de muestreo

Previo a la caracterización mineralógica, las muestras fueron sometidas a un proceso de mezclado y cuarteo, secado en estufa (100°C) y tamizado en las fracciones granulométricas de los siguientes tamaños: -70+100#; -100+150#; -150+200#, -200#. Se realizaron observaciones macroscópicas, observaciones con la lupa binocular marca Leica S6d Stereo Microscope (10x-64 X) y análisis por microscopía óptica de polarización, mediante la técnica de grano suelto, con un microscopio Leica DM 2700 P con luz transmitida y objetivos 20X, 40X y 63X, provisto de una cámara de video Leica DFC 295 incorporada y monitor de alta resolución, con su correspondiente programa computarizado para tratamiento de imágenes. La fracción granulométrica de malla -200# fue empleada para difracción por rayos X (X-Ray Generator PW1010 – Philips).

Paralelamente a los análisis de caracterización química/mineralógica de las muestras de residuos mineros, se realizaron los cálculos preliminares para determinar la extensión y volumen de estos residuos

en el área de estudio.

Las zonas afectadas fueron identificadas previamente sobre imágenes satelitales de alta resolución y luego confirmadas en terreno. Se utilizaron imágenes satelitales tipo LANDSAT y DigitalGlobe, propias de las aplicaciones de Google como *Earth Pro*, *Map* y *Street View*. Las resoluciones de estas imágenes son del orden de los 25 m y su error de georreferenciación es de ( $\pm 10$  m), válidas para esta etapa preliminar de cálculo.

Durante las tareas de campo se pudo constatar que los acopios de residuos están dispuestos sin seguir las reglas del buen arte minero, consistente en conformar bancos de forma trapezoidal, altura uniforme y extensión continua - similar escombreras de minas -, cuya cubicación no presenta dificultades a partir del método topográfico tradicional de los Perfiles Transversales o "Prismoidal"; por el contrario, los depósitos observados son generalmente acumulaciones de residuos no uniformes, descargados uno al lado del otro. Por este motivo solamente se pudo realizar una estimación del volumen total de los residuos mineros mediante cálculos empíricos en función de la información disponible de imágenes satelitales, previa edición con los softwares SketchUp y Global Mapper y las imágenes 360 de la aplicación Street View. Esta información de carácter previa, se confirmó posteriormente con el reconocimiento expeditivo del terreno, verificando el relieve de terreno pre descarga (por lo general de topografía suave y poca pendiente), las características de los depósitos (irregulares y discontinuos) y la altura de los horizontes de residuos (variables, pero poco elevados). Con estos datos se planteó como hipótesis de trabajo realizar la cubicación de los residuos mineros identificados por zona y en total para el área de estudio, considerando un metro de altura promedio de residuos y un porcentaje de cobertura por área del orden del 60 %. Ambos son conservadores, con la ventaja de constituir un tonelaje de valor índice fácilmente corregible por cualquiera de los dos parámetros.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis químico muestran que los residuos presentan un considerable contenido en óxido de calcio (entre 44 y 55%), con un bajo contenido de sílice (1 y 13%) y bajo contenido en impurezas (residuo insoluble entre 0,04 y 2,5%).

Con el microscopio de polarización y empleando la técnica de grano suelto, en todas las muestras se identificó un predominio de agregados irregulares, con la característica birrefringencia de los carbonatos. Se reconocieron cristales de calcita (Figura 3), individuos cristalinos de cuarzo, escasos óxidos de hierro de comportamiento isótropo (Figura 4) y muy escasos individuos de plagioclasas, algunos de ellos mostrando su maclado polisintético [2].

La técnica por Difractometría por rayos X arrojó, en cada muestra, varios picos correspondientes a compuestos inorgánicos, como óxidos de calcio, silicatos de calcio y carbonatos de calcio [3], que se producen como consecuencia de la calcinación de la piedra caliza para la elaboración de cal. Además, se observó que algunos de estos picos pueden corresponder a calcita, mineral explotado en yacimientos cercanos y que puede haber sido acumulado en las escombreras junto con los desechos del horno y estériles procedentes de la explotación.

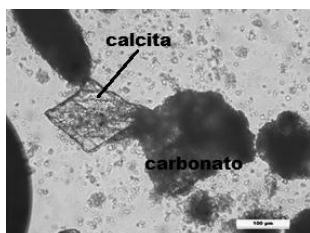


Figura 3

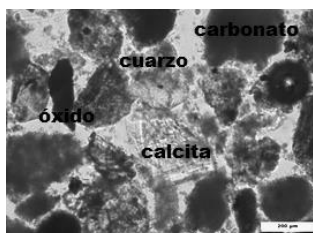


Figura 4

El empleo conjunto de aplicaciones informáticas e imágenes satelitales permitió identificar distintas zonas cubiertas por residuos mineros (Figura 5), los que fueron cuantificados en forma preliminar por área, totalizando unas 1.400.000 toneladas de residuos, cubriendo una superficie equivalente de 97 hectáreas. Tabla 1.

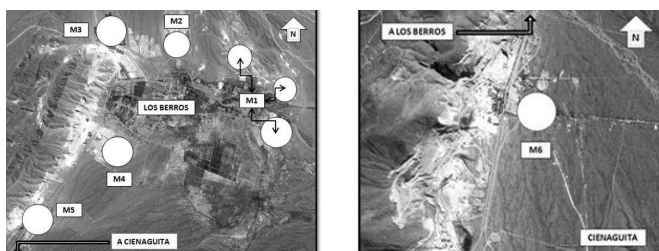


Figura 5. Ubicación de las zonas con residuos mineros que fueron evaluados.

Tabla 1. Cantidad de residuos de origen minero por área y total cubicados.

| Zona         | Superf. | Superf.        | Altura | Volum.         | Peso Especif.     | Toneladas | Área Efva. | Tonelaje Neto |
|--------------|---------|----------------|--------|----------------|-------------------|-----------|------------|---------------|
|              | ha      | m <sup>2</sup> | m      | m <sup>3</sup> | tn/m <sup>3</sup> | Tn        | %          | Tn            |
| <b>M1</b>    | 28.1300 | 281.300        | 1      | 281.300        | 2,4               | 675.120   | 0,6        | 405.072       |
| <b>M2</b>    | 6.8000  | 68.000         | 1      | 68.000         | 2,4               | 163.200   | 0,6        | 97.920        |
| <b>M3</b>    | 16.5500 | 165.500        | 1      | 165.500        | 2,4               | 397.200   | 0,6        | 238.320       |
| <b>M4</b>    | 21.7000 | 217.000        | 1      | 217.000        | 2,4               | 520.800   | 0,6        | 312.480       |
| <b>M5</b>    | 11.7000 | 117.000        | 1      | 117.000        | 2,4               | 280.800   | 0,6        | 168.480       |
| <b>M6</b>    | 11.6200 | 116.200        | 1      | 116.200        |                   | 278.880   | 0,6        | 167.328       |
| <b>Total</b> | 96,5000 | 965.000        | 1      | 965.000        | 2,4               | 2.316.000 | 0,6        | 1.389.600     |

Por otro lado, estos residuos tienen la ventaja de ser inertes y al tener una concentración de CaO mayor al 44% los hace factibles de ser reutilizados, por ejemplo, como mejoradores de suelos acidificados.

## CONCLUSIONES

Los residuos mineros depositados en las escombreras están formados mayoritariamente por compuestos inorgánicos salidos del horno y que se forman por la calcinación de la caliza. Estos compuestos obedecen a agregados de óxidos, carbonatos y silicatos de calcio. También se detectaron otros minerales, como la calcita, proveniente de yacimientos cercanos y depositados en las mismas escombreras. La menor proporción mineralógica contenida en los residuos, solamente fue identificada bajo el microscopio, como el caso de cuarzo, feldspatos y óxidos.

Químicamente, las muestras arrojaron considerables contenidos de óxido de calcio, superior al 44%.

La cubicación preliminar de la cantidad de residuos mineros es del orden del 1.400.000 toneladas, que se ubican en distintas zonas del Distrito Minero Los Berros-Cienaguita cubriendo una superficie equivalente a las 97 ha.

Las características de los residuos estudiados y su importante cantidad justifican profundizar el estudio de alternativas de uso para su aprovechamiento, especialmente como mejoradores de suelos. Su reutilización tendría el doble propósito de agregarle valor económico tanto a los residuos como a los suelos recuperados, reduciendo además sus efectos negativos sobre el ambiente. De esta forma, los beneficios sociales, ambientales y económicos derivados del desar-



rollo productivo de esta propuesta serían enormes, considerando el aumento significativo y progresivo de los pasivos ambientales que produce la actividad calera.

## **REFERENCIAS**

1. Negrelli, Mirta M.; Soria María V.; Ramírez, Mónica S. Evolución espacial de la ocupación de los residuos mineros en un sector del Departamento Sarmiento, Provincia de San Juan, Argentina. Revista Tiempo y Espacio. Año 24-Vol. 31/201: 77-98. Universidad del Bío- Bío. Departamento de Ciencias Sociales. Chillán, Región del Bío-Bío, Chile. 2014
2. Kerr Paul F. Mineralogía Óptica. 3ra edición, 1965
3. Kostov, Ivan. Mineralogy. Oliver&Boyd. University of California. 1968