

## DETERMINACIÓN DE PREG-ROBBING EN MUESTRAS AURÍFERAS DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA

Roberto J. Meissl\*, Víctor A. Quinzano, Héctor A. García, Edith M. Barrera

Instituto de Investigaciones Mineras y Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería,  
Universidad Nacional de San Juan, Argentina

\* e-mail: rmeissl@unsj.edu.ar

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de preg-robbing en un blend de muestras de minerales sulfurados de los depósitos auríferos de la zona de Gualcamayo. El contenido de oro en este blend resultó 0,84 g/t y el carbón orgánico 0,34%.

Primeramente, se determinó el preg-robbing potencial (PRP) empleando un método conocido, realizando ensayos de lixiviación por agitación con soluciones cianuradas de diferentes concentraciones iniciales de oro. Luego, se realizaron ensayos de lixiviación por agitación en frascos sin carbón activado (BRT) y con carbón activado (CIL). Finalmente, se realizó un ensayo de lixiviación/adsorción en columna empleando 65 kg de muestra triturada 90% -1".

El método para determinación del PRP arrojó resultados semejantes al BRT y CIL. El PRP fue 16,7%. La extracción verdadera de oro en el PRP fue 42,9% y en el BRT resultó 39,5%. La extracción de oro inferida en el PRP resultó 51,5% y la extracción de oro en el CIL 53,6%.

La diferencia de extracción de oro entre el BRT y en CIL confirmó el preg-robbing en el BRT. En este ensayo, el oro adsorbido resultó 0,12 g/t de mineral.

En el test de lixiviación/adsorción en columna, se obtuvo una extracción de oro de 43,4% en el periodo de lixiviación y el oro adsorbido en la etapa de adsorción resultó de 0,07 g/t de mineral. La extracción de oro obtenida en el BRT fue ligeramente inferior a la obtenida en la columna, debido a un preg-robbing más acentuado en BRT, producido probablemente por una mayor liberación del carbón orgánico (u otra especie adsorbente) en la molienda.

**Palabras Claves:** Oro, Lixiviación, Preg-robbing.

## DETERMINATION OF PREG-ROBBING IN GOLD ORES OF THE NORTHWEST OF THE PROVINCE OF SAN JUAN, ARGENTINA.

## ABSTRACT

The objective of this work was to determine the presence of preg-robbing in a blend of sulphide samples from the Gualcamayo región. The gold grade in this blend was 0,84 g/t and the organic coal grade was 0,34 %.

The potential preg-robbing (PRP) was determined using a known method, performing agitation leaching tests with cyanide solutions of different initial gold concentrations. Then, leaching tests were performed by agitation in flasks without activated coal (BRT) and with activated coal (CIL). Finally, column leaching/adsorption test was completed using 65 kg of crushed sample 90 %-1".

The PRP determination method showed results similar to the BRT and CIL. The PRP was 16,7%. Actual gold extraction in the PRP was 42,9% and in the BRT was 39,5%. The gold inferred extraction in the PRP was 51,5% and the gold extraction in the CIL 53,6%.

The difference of gold extraction between the BRT and in CIL confirmed the preg-robbing in the BRT. In this test, the adsorbed gold was 0,12 g/t of ore.

The gold extraction in column leaching test was 43,4% and adsorbed gold was 0,07 g/t of ore. The extraction of gold obtained in the BRT was slightly lower than that obtained in the column, due to preg-robbing more pronounced in BRT, produced probably by an increased release of organic carbon (or other adsorbent species) in the grinding.

**Keywords:** Gold, Leaching, Preg-robbing.

## 1. INTRODUCCIÓN

El preg-robbing se produce cuando algún constituyente del mineral adsorbe oro de la solución cianurada. Los constituyentes del mineral responsables de la adsorción del oro pueden ser la materia carbonosa [1], algunos sulfuros [2; 3] y algunos silicatos [4].

El preg-robbing se clasifica en reversible e irreversible [5]. El reversible, ocurre por simple intercambio iónico del anión aurocianurado, es el más difundido y se puede revertir en presencia de carbón activado. El irreversible, incluye la precipitación del complejo de oro y requiere de la redisolución del oro para su recuperación. El preg-robbing reversible no presenta mayores inconvenientes en la industria con los modernos circuitos de carbón in leach (CIL), cuando la actividad del carbón activado es mayor que la del constituyente mineralógico responsable de la adsorción del oro.

Hay varios tests de laboratorio extensamente empleados en la industria para determinar preg-robbing, siendo el más difundido el test de preg-robbing Barrick Goldstrike Mines Incorporated (BGMI) [6]. En este método, 5 g de mineral se contactan con 10 ml de una solución de 2 g/t NaCN por agitación durante 15 min y se analiza el oro de la solución. Luego se determina el porcentaje de oro adsorbido por el mineral.

El BGMI es un método expeditivo, aplicable durante la lixiviación y brinda información básica e importante en especial cuando se están produciendo cambios en el tipo de mineral que se está alimentando al circuito de lixiviación. Sin embargo, no se puede aplicar para la determinación de preg-robbing potencial y/o para la caracterización metalúrgica de los minerales debido a la escasa cantidad de muestra empleada y al reducido tiempo de duración del ensayo.

Existe un método que permite determinar el preg-robbing potencial (PRP) [7]. Se ha demostrado que este método es eficaz para caracterizar el preg-robbing que se presenta en cualquier tipo de mineral, a diferencia de otros métodos, como el BGMI, que son efectivos solo para caracterizar el preg-robbing cuando el mineral es tipo carbonoso.

En los depósitos auríferos de la zona de Gualcamayo, ubicada en el Noroeste de la Provincia de San Juan, Argentina, el oro se presenta mayoritariamente en minerales oxidados, y minoritariamente en sulfuros diseminados en rocas carbonáticas, a veces con presencia de carbón orgánico.

La lixiviación con cianuro de los minerales oxidados se realiza por lixiviación en valle, con una granulometría 90% -1" y con soluciones de 0,5 g/t NaCN. Produce extracciones de oro aceptables (>75%).

Por el contrario, la cianuración de los minerales sulfurados produce bajas extracciones de oro (<50%).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de preg-robbing en los minerales sulfurados que ocasionalmente se incorporan al valle de lixiviación. Para esto se realizaron ensayos a escala de laboratorio para determinar el preg-robbing potencial, de lixiviación por agitación en frascos sin carbón activado (BRT) y con carbón activado (CIL) y en columna.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

Las muestras de minerales sulfurados fueron recibidas en un tamaño 90% -1", fueron mezcladas y homogenizadas para preparar un blend. Por cuarteo, se obtuvieron muestras de éste para los análisis químicos, observación mineralógica y los ensayos metalúrgicos.

En la Tabla 1 se muestra el análisis químico del blend.

**Tabla 1.** Análisis químico del blend.

Oro(g/t)	Carbón Total (%)	Carbón Orgánico (%)	Carbón Inorgánico (%)	Azufre (%)
0,84	11,14	0,34	10,80	1,65

Las observaciones mineralógicas se realizaron sobre briquetas con microscopio óptico y electrónico. Las mismas revelaron que la muestra estaba constituida principalmente por calcita (CaCO<sub>3</sub>), además se observó la

presencia de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), y pequeñas concentraciones de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), óxidos de hierro (goethita – hematina), feldspatos y rejalgar ( $\text{AsS}$ ) distribuidas en la matriz carbonática. El porcentaje de pirita libre se determinó por la técnica de conteo de puntos y creció al disminuir el tamaño de partícula, siendo del 30% para tamaños menores a  $74 \mu\text{m}$  y de 61 % para tamaños inferiores a  $11 \mu\text{m}$ .

Se efectuaron ensayos de lixiviación por agitación con soluciones de 1 g/t NaCN y de diferentes concentraciones iniciales de oro. Cada ensayo se realizó con 50 g de mineral molido 100% -200 # durante 24 horas y con una relación sólido/líquido de 1/3. Finalizado el ensayo, se determinó la concentración final de oro en la solución.

Se graficó la concentración final de oro (verdadera) y la concentración final de oro si no hubiera preg-robbing (esperada) vs. la concentración inicial de oro en solución. Se ajustó linealmente la curva de concentración verdadera y se determinó la pendiente ( $m$ ). El preg-robbing potencial (PRP) se calculó como [7]:

$$PRP (\%) = 100 (1 - m) \quad (1)$$

La extracción inferida ( $E_{inf}$ ), que es la recuperación de oro que se obtendría sin preg-robbing, se determinó empleando la ecuación:

$$E_{inf} (\%) = 100 (c/m)/C \quad (2)$$

Donde:  $c$  = ley de oro recuperable con preg-robbing (g/t) y  $C$  = ley de oro de cabeza (g/t).

Se realizaron ensayos de lixiviación por agitación en frascos sin carbón activado (BRT) y con 20 g/l de carbón activado (CIL), empleando en cada caso 500 g de muestra molida 100% -200#. En ambos ensayos se utilizó una concentración de la solución lixivante de 1 g/t de NaCN y una relación líquido/sólido 2:1. El pH de 10,5-11,0 se estabilizó con hidróxido de calcio (previa a la adición de NaCN) y el tiempo de lixiviación fue de 72 horas.

La muestra  $P_{90} -1''$  proveniente de la preparación, se mezcló con  $\text{Ca}(\text{HO})_2$  y se llenó una columna de lixiviación de 150 mm de diámetro y 2000 mm de alto. Se regó con una solución lixivante de 0,5 g/t NaCN y pH 11, a razón de  $0,20 \text{ l/minxm}^2$ . La solución rica se guardó en un recipiente para luego utilizarse. La lixiviación de la columna con solución estéril, se realizó hasta que los valores de oro fueron inferiores a 0,02 g/t.

Concluida la etapa de lixiviación, la columna comenzó a irrigarse con la solución rica guardada, acondicionada en pH y concentración de NaCN, hasta que la concentración de oro en la solución de salida fue igual a la de entrada a la columna, con el objeto de determinar el preg-robbing. Culminado el ciclo de regado con solución rica, se realizó el lavado y luego se descargó. Se secó el residuo y se analizó el contenido de oro.

El oro en los sólidos fue analizado por fusión (fire assay) y en los líquidos por E.A.A. previa extracción con DIBK. El cianuro libre (expresado como g/t NaCN) fue determinado por volumetría, empleando una solución valorada de  $\text{AgNO}_3$  y KI como indicador. El carbón total y el inorgánico, y el azufre fueron determinados en laboratorios externos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La concentración final de oro verdadera y esperada en función de la concentración inicial de oro en solución, obtenidas en los ensayos para determinación del PRP, se presenta en la Figura 1.

De la Figura 1, la pendiente  $m = 0,833$ . El preg-robbing potencial (ecuación 1) es:

$$PRP = 100 (1 - 0,833) = 16,7\%$$

Considerando que la ley de oro recuperable con preg-robbing fue 0,36 g/t, la extracción de oro verdadera ( $E$ ) y la inferida (ecuación 2) resultan:

$$E = 100 (0,36/0,84) = 42,9\%$$

$$E_{inf} = 100 R = 100 ((0,36/0,833)/0,84) = 51,5\%$$

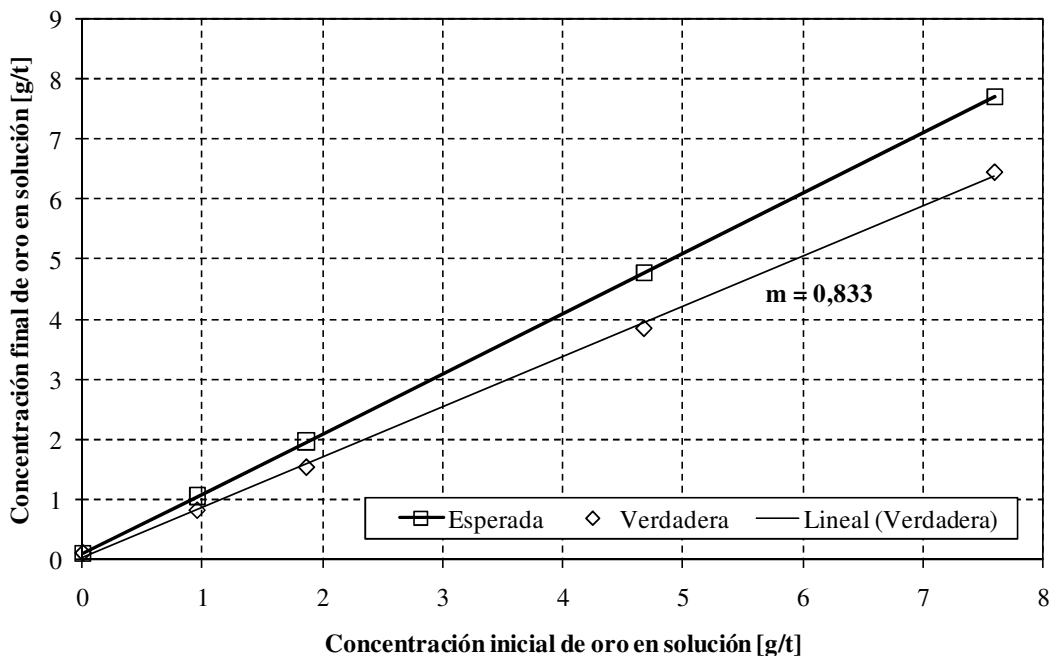


Figura 1. Concentración final de oro verdadera y esperada en función de la concentración inicial de oro en solución.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la lixiviación por agitación en frascos, sin carbón activado (BRT) y empleando carbón activado (CIL).

Tabla 2. Resultados de la lixiviación por agitación en frascos. BRT y CIL.

Ensayo	Extracción de Oro (%)	Consumo de NaCN (g/t)	Consumo de Ca(OH) <sub>2</sub> (g/t)
BRT <sup>a</sup>	39,5	605,6	1000
CIL	53,6	1222,7	1000

a: Las extracciones de oro para diferentes tiempos de lixiviación resultaron: 47,9% (24 horas); 43,9% (48 horas) y 39,5% (72 horas).

La extracción de oro en el BRT fue marcadamente menor que la obtenida en el CIL, en un 14,1%. Esta diferencia indica que hubo preg-robbing en el BRT. Esto se confirmó en la marcha del BRT puesto que la extracción de oro fue máxima a las 24 horas (47,9%), para luego descender hacia el final de la lixiviación (39,5%).

El oro adsorbido en el BRT fue:  $(0,141 \cdot 0,84) \text{ g/t} = 0,12 \text{ g/t}$  de mineral.

La extracción de oro y los consumos de reactivos obtenidos en la etapa de lixiviación en columna, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Extracción de oro y consumo de reactivos. Etapa de lixiviación en columna.

Extracción de Oro (%)	Consumo NaCN (g/t)	Consumo Ca(OH) <sub>2</sub> (g/t)
43,4	111,2	671,2

En la Tabla 4 se presenta el balance de oro correspondiente a la etapa de adsorción.

**Tabla 4.** Balance de oro. Etapa de adsorción en columna.

<i>Propiedad</i>	<i>Valor</i>
Finos de oro en solución de entrada a la columna (mg)	13,60
Finos de oro en solución a la salida de la columna (mg)	8,83
Finos de oro adsorbidos (mg)	4,67
Oro adsorbido por peso de mineral (g/t)	0,07

Los valores precedentes muestran claramente hubo preg-robbing en la columna. El oro adsorbido fue 0,07 g/t de mineral.

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó el preg-robbing potencial del blend resultando 16,7%, la extracción verdadera de oro fue 42,9% y la inferida por este método 51,5%.

El método para determinación del PRP arrojó resultados semejantes al BRT y CIL. La extracción verdadera de oro en el PRP fue 42,9% y en el BRT resultó 39,5%. La extracción de oro inferida en el PRP resultó 51,5% y la extracción de oro en el CIL 53,6%.

La diferencia de extracción de oro entre el BRT y en CIL confirmó el preg-robbing en el BRT. En este ensayo, el oro adsorbido resultó 0,12 g/t de mineral.

En el test de lixiviación/adsorción en columna, se obtuvo una extracción de oro de 43,4% en el periodo de lixiviación y el oro adsorbido en la etapa de adsorción resultó de 0,07 g/t de mineral. Este valor deber ser probablemente mayor, ya que el preg-robbing se ha estado produciendo dentro de la columna durante la etapa de lixiviación.

La extracción de oro obtenida en el BRT fue ligeramente inferior a la obtenida en la columna, debido a un preg-robbing más acentuado en BRT, producido probablemente por una mayor liberación del carbón orgánico (u otra especie adsorbente) en la molienda.

#### 5. REFERENCIAS

- [1]. Osseo-Asare K, Afenya PM, Abotsi GMK., "Carbonaceous matter in gold ores: isolation, characterization and adsorption behaviour in aurocyanide solutions". En: Kudryk, V., Corrigan, D.A., Liang, W.W. (Eds.), Precious Metals: Mining, Extraction and Processing. Metallurgical Society of AIME, New York, 1984, p. 125–144.
- [2]. Rees KL, van Deventer JSJ: Hydrometallurgy 2000; 58: 61–80.
- [3]. Quach T, Koch DFA, Lawson F. Adsorption of Gold Cyanide on Gangue Minerals. Ed: Proceedings del APCCChE and Chemeca 1993. Melbourne (Australia).
- [4]. Van Vuuren CPJ., Snyman CP, Boshoff AJ. Miner. Eng. 2000; 13 (8-9): 823–830.
- [5]. Menne D, "Assaying Cyanide Extractable Gold within an Hour, and Addressing Effects of Preg- and Assay-Robbing. Extractive Metallurgy of Gold and Base Metals", En: Proceedings del AusIMM, 1992. West Adelaide (Australia).
- [6]. Schmitz PA, Duyvesteyn S, Johnson WP, Enloe L., McMullen J. Hydrometallurgy 2001; 61: 121–135.
- [7]. Goodall WR., Leatham, JD, Scales PJ. Miner. Eng. 2005;18; 1135-1141.