



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**DEPARTAMENTO DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

*La contaminación con Plomo (Pb) en suelos adyacentes a la vía San Gerardo de Chaupitranca - Barranco Colorado, debido al derrame de relaves de procesos minero-metalúrgicos.*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Magíster en Gestión Ambiental

**Autor:**

Ing. Jaime Alfonso Ampuero Franco

**Director:**

Dr. Antonio Crespo Ampudia

Cuenca, Ecuador

2017

**La contaminación con Plomo (Pb) en suelos adyacentes a la vía San Gerardo de Chaupitranca - Barranco Colorado, debido al derrame de relaves de procesos minero-metalúrgicos.**

Ing. Jaime Alfonso Ampuero Franco

*jampuero@uazuay.edu.ec*

Universidad del Azuay

Departamento de Posgrados

Maestría en Gestión Ambiental

**Resumen**

Los derrames al momento de la transportación de relaves derivados de la minería son una fuente de contaminación, en especial al tratarse de metales pesados. Así, en el sur del Ecuador, en concreto en la vía San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado (provincia del Azuay) se presentó un derrame mientras se transportaba relaves con fuerte presencia de metales pesados. Para entender las consecuencias de este fenómeno, se determinó la presencia de contaminación con Plomo (Pb) en los suelos adyacentes a la vía. Para tal efecto, el diseño del estudio estuvo basado en la colección de muestras de suelo a diferentes distancias de la vía. Para contrastar los valores de Plomo, se tomó una muestra testigo de suelo no contaminado. Al comparar los valores, se concluyó que las cantidades de Plomo (Pb) encontradas en los suelos estudiados sobrepasan el máximo establecido en la norma ambiental vigente (i.e., 25 mg/kg).

**Palabras clave:** transporte de relaves; contaminación ambiental; cantón Camilo Ponce Enríquez; metales pesados.

**ABSTRACT**

Spills that occur at the time of transportation of tailings derived from mining-metallurgical processes are a source of contamination, especially in the case of heavy metals. A spill occurred in the *San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado* road (province of Azuay) in the south part Ecuador, while tailings with strong presence of heavy metals were transported. In order to understand the impact of this phenomenon, the presence of lead contamination (Pb) in the soils adjacent to the road were determined. For this purpose, the study collected soil samples at different distances from the road. Then, a control sample of uncontaminated soil was taken to contrast lead values. After comparing the values, it was concluded that the amounts of lead (Pb) found in the studied soils, exceeded the maximum established in the current environmental standard (i.e., 25 mg / kg).

**Keywords:** tailings transport; environmental pollution; Ponce Enriquez; heavy metals.



Magda Oitege  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Español Idiomas



Translated by  
Lic. Lourdes Crespo

## 1. Introducción

En el marco del desarrollo de la actividad minera tienen lugar varios procesos que, por sus implicaciones ecológicas, de seguridad, entre otras, exigen protocolos de manejo específicos en sus diferentes etapas de desarrollo, desde la identificación de los yacimientos minerales hasta la conclusión de la actividad extractiva con el cierre de mina (Hernández, Ulloa, & Rosario, 2011).

Cabe mencionar fases como aquellas que toman lugar durante y después de llevados a cabo los procesos metalúrgicos gravimétricos que separan el Oro (Au) y la Plata (Ag) de los demás metales pesados que forman parte de la paragénesis mineral. En estos, se emplea un metal pesado altamente tóxico como es el Mercurio (Hg), el cual se constituye en un peligroso contaminante ambiental (Parga & Carrillo, 1996). De la misma manera, en el proceso de lixiviación a través del cual se separa el Oro (Au) de los demás metales pesados contenidos en los relaves mineros, se utiliza Cianuro de Sodio (NaCN) de muy alta toxicidad y en grandes proporciones (Logsdon, Hagelstein, & Mudder, 2001).

Es, precisamente, por las implicaciones de procesos como los mencionados, que existen planes de gestión además de guías técnicas y metodológicas sobre los procesos mineros acorde a lo postulado por el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2014). Las mencionadas guías, junto con las normas ambientales, se encargan de regular la actividad de la minería en todas sus fases, además de normalizar aquellas actividades desarrolladas al cierre de dichas labores.

Las guías vigentes en el Ecuador abarcan ámbitos como la gran minería, mediana minería, pequeña minería y minería artesanal. Ciertamente, la motivación en la cual se sustenta el establecimiento de las guías se vincula con la consideración de que la actividad minera conlleva un riesgo latente de impacto ambiental. En consecuencia, es necesario que la gestión de los proyectos mineros considere un manejo responsable de recursos, en particular sobre el transporte de material contaminado como son los relaves mineros.

Para gestionar la problemática mencionada se encuentra en vigencia el Reglamento Ambiental para las Actividades Mineras en la República del Ecuador (2014). En su artículo 118 dedicado al Manejo de Transporte Externo de Minerales y Relaves, postula la necesidad de evitar

“el rebosamiento, escurrimiento, o cualquier otro tipo de pérdida de material que contamine el ambiente”. El reglamento establece, de manera complementaria, que se deberá utilizar medios de transporte que cuenten con la debida protección y, en el caso de desarrollarse transporte de materiales de alta peligrosidad, se deberá contar con los permisos otorgados por las autoridades ambientales pertinentes.

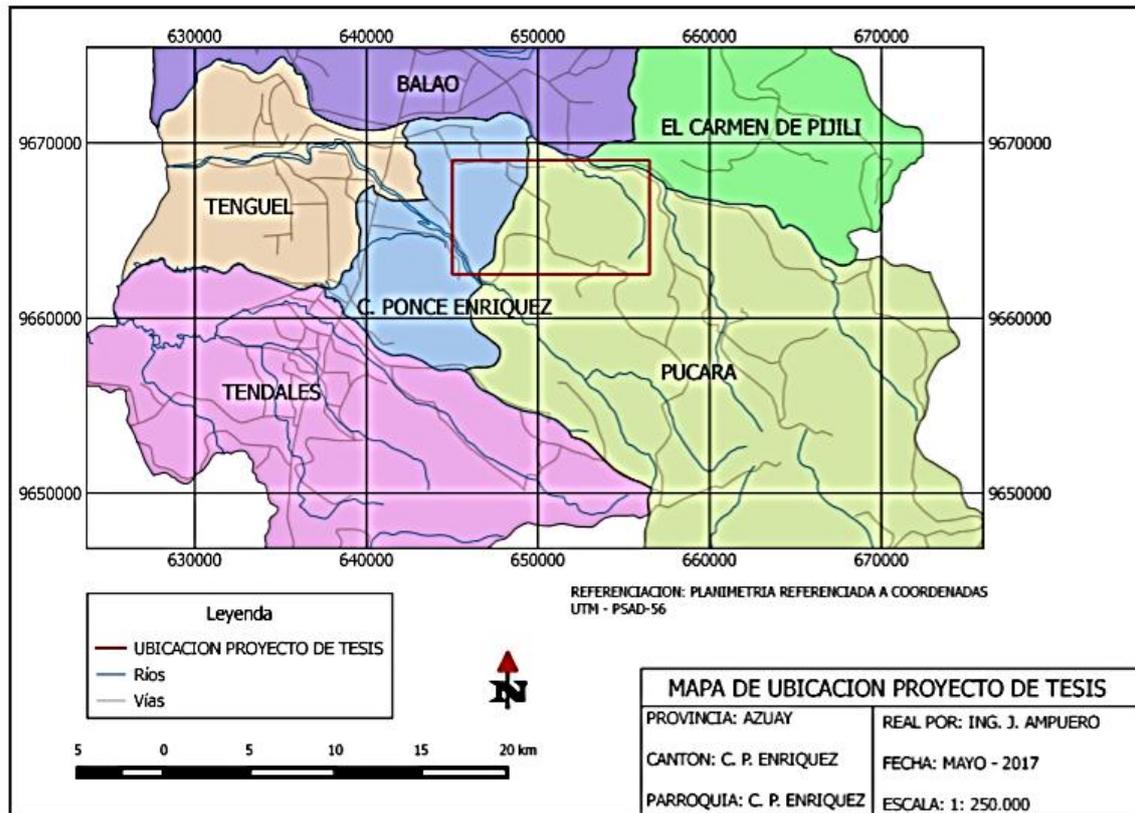
En el Ecuador se evidencia actualmente varias dificultades en el manejo de relaves mineros (Herdoíza, 2010), especialmente dentro del cantón Camilo Ponce Enríquez y sus localidades cercanas debido a que su sustento económico radica significativamente en la actividad minera. Las dificultades están fundamentadas en tres premisas: i) el hecho de que una gestión óptima de desechos implica la inversión de ingentes recursos económicos; ii) la significativa falta de profesionales peritos en esta problemática que contribuye al manejo irresponsable de los relaves y recursos, sin planes de gestión; iii) la expansión progresiva de las actividades de pequeña minería y minería artesanal.

Uno de los mayores riesgos de la situación descrita es la contaminación con Plomo (Pb) en los suelos, el cual es uno de los metales pesados más tóxicos para la vida orgánica y de aquellos el que mayor presencia tiene en los procesos de la industria minera global (Conant & Fadem 2011). De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (2013), la amenaza del metal pesado Plomo a la vida humana se considera significativa debido a los índices reales de exposición por contaminación que se han detectado. Las concentraciones de 10 mg/dl en adultos y 5 mg/dl en niños, causan alrededor de 143 000 decesos anuales en el planeta. Sin embargo, debe destacarse que la principal afección radica en el hecho de que el Plomo es un metal bioacumulable a través de la acción de procesos de metilación.

Tomando en cuenta el marco reseñado, el presente estudio evalúa la concentración de Plomo (Pb) en suelos de una localidad específica de la provincia del Azuay, en el cantón Camilo Ponce Enríquez, donde se ha detectado un manejo inadecuado al momento de transportar desechos o relaves mineros. Esta información sirve de sustento para el diseño de una propuesta responsable de gestión en el transporte de dichos materiales con la finalidad de evitar contaminación de Plomo en los suelos de la zona.

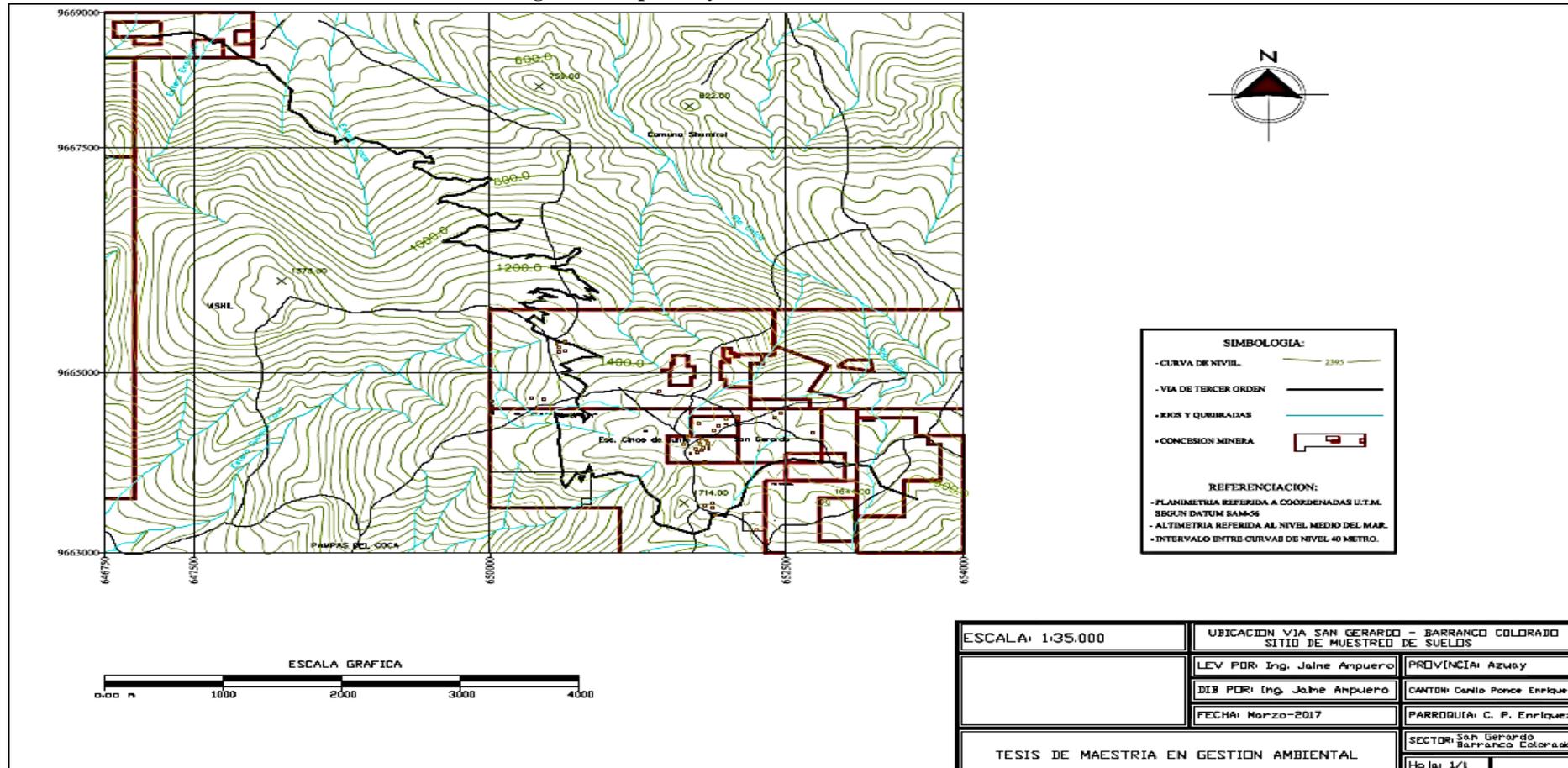
## 2. Área de estudio

Figura 1. Localización geográfica regional del problema de estudio



**Nota:** Elaboración: Ing. Jaime Ampuero Franco

Figura 2. Mapa vial y alrededores de la zona de influencia



Nota: Elaboración: Ing. Jaime Ampuero Franco

Autor: Jaime Alfonso Ampuero Franco

Como se puede evidenciar en la Figura N°1, el Subdistrito Minero Aurífero “San Gerardo” corresponde al Distrito Minero Aurífero del cantón Camilo Ponce Enríquez, en la provincia del Azuay; comprende varios sectores localizados en un contrafuerte de la cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos como Shumiral, San Gerardo y otros los cuales pertenecen, jurisdiccionalmente al cantón mencionado.

El entorno de estudio de la investigación comprendió el tramo de la vía Shumiral-San Gerardo de Chaupitranca-San Antonio. Esta vía de tercer orden no se encuentra en condiciones óptimas ni ha recibido mantenimiento, lo cual ha significado un deficiente manejo de aguas lluvias que se escurren hacia el suelo y una consecuente dificultad para el transporte de relaves mineros por vía terrestre. La carretera tiene un exiguu sistema de cunetas y, en contraste, cuenta con un sinnúmero de irregularidades a lo largo de su tramo. Todas estas condiciones provocan inestabilidad en la trayectoria y balanceo de los vehículos de carga pesada que transitan por dicha vía.

El tramo de vía analizado en el presente estudio se encuentra entre los sectores de San Antonio ubicado a una altura de 1500 msnm y Barranco Colorado con una altura de 200 msnm.

La gravedad de la presencia de contaminación con Plomo (Pb) en los suelos de la zona referida radica en que dentro de esta área existe actividad agrícola y ganadera que emplea los recursos hídricos del lugar para desarrollarse con normalidad. Al ser suelos cultivables, la contaminación con Plomo implica un grave riesgo, a más que significa un peligro para el estado de conservación ambiental de la zona. En el sector objeto del presente estudio, por lo general los terrenos de las márgenes se encuentran en alturas más bajas que la vía. Esto sustentaría el ingreso de los relaves hacia los suelos de producción agrícola y ganadera.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Determinar la presencia de contaminación con Plomo (Pb) en los suelos adyacentes a un tramo de la vía San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado, debido al derrame de relaves de procesos minero-metalúrgicos generados en la parte alta del Subdistrito Minero “San Gerardo”.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Establecer, a través de un análisis químico, la presencia de contaminación con Plomo (Pb) en los suelos adyacentes, ubicados a diferentes distancias del foco contaminante.
- Recomendar un plan de gestión para la mitigación y prevención de los accidentes en el transporte de relaves mineros en la zona.

### **4. Hipótesis**

A pesar de que no hay evidencia obvia sobre contaminación asociada al transporte de relaves, el monitoreo de suelos en las rutas de transportación puede ser considerado como una prueba indirecta. Así, se postula que las concentraciones de Plomo en el suelo de localidades cercanas a la carretera serán significativamente mayores que al respecto en zonas testigo alejadas a la carretera; en adición también serán significativamente mayores que las concentraciones máximas permitidas por la legislación ambiental ecuatoriana.

## 5. Materiales y métodos

Se debe mencionar que la evidencia de los derrames de relaves al momento de su transporte se sustenta en la observación directa de dichos procesos por parte del autor de la presente investigación durante el periodo 2012-2013. La contaminación sucedió en el km 3 1/2 de la vía. El medio a través del cual se transportaron los relaves fueron volquetes de 22 toneladas de capacidad, que no contaban con las mínimas medidas de seguridad (iban colmados con residuos mineros al máximo de su capacidad y no contaba con carpas que permitan aislar el relave del agua lluvia). En consecuencia, se despedían hacia la vía porciones importante de relaves. En adición, la presencia de lluvias en los meses de invierno provocó que los relaves migren hacia las márgenes de la vía, alcanzado los suelos de las márgenes.

Considerando la situación descrita como sustento de la presunción de contaminación de suelos, se procedió a diseñar un estudio por muestreo que, tras las fases de procesamiento y análisis ayuden a confirmar la presencia de contaminación con plomo en la localidad de estudio.

En el tramo de la vía San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado, se seleccionó un sitio específico del cual se extrajeron muestras de cada lado de la vía. Se seleccionó específicamente este sitio debido a que se evidenció la falta de cunetas en la vía. En cada margen de la vía se tomaron 3 muestras de suelo en sentido perpendicular a partir de un punto común. La primera a 2 m; la segunda a 10 m; la tercera a 20 m. Finalmente, se consideró una muestra testigo de suelo a 80 m. del área de influencia.

Para la toma de muestras de suelo, se construyó pozos de 1 m. de sección por 0.80 m. de profundidad, a fin de exponer claramente el horizonte B. Las muestras fueron tomadas de la parte inferior del horizonte A y de la parte superior del horizonte B del suelo. Esta elección se fundamentó en la consideración del comportamiento de los sulfuros de metales pesados expuestos al medio ambiente en un corto periodo de tiempo (3 años aproximadamente), incrementando la probabilidad de que el contaminante migre desde capas superficiales a instancias más profundas en la columna de suelo.

Cada muestra estuvo sometida al siguiente protocolo:

- a. Secado de la muestra
- b. Selección de la porción de la muestra a analizar por cuarteo
- c. Mineralización con ácido nítrico de la muestra (microondas)
- d. Determinación analítica de las muestras, medición del metal pesado Plomo por absorción atómica en mg/Kg (ppm)

## **6. Procesamiento de muestras**

Las muestras colectadas fueron secadas, mediante el método de cuarteo se seleccionó 200 g. de material que exige el laboratorio para el análisis respectivo. Posteriormente fueron trasladadas para su procesamiento al laboratorio de análisis geoquímico de la Universidad del Azuay, en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. En el laboratorio se aplicó a las muestras el ensayo de absorción o emisión atómica en el equipo de espectrofotometría de llama, proceso del cual se obtuvieron los valores en mg/kg para el metal pesado Plomo (Pb). Así mismo, la muestra testigo fue sometida al mismo proceso en el laboratorio de análisis químico de minerales CESEMIN de la Universidad de Cuenca.

Cabe señalar que no se consideró necesario hacer repeticiones de muestreo debido a que el estudio busca centrarse concretamente en la confirmación de la contaminación del suelo en muestras particulares que den cuenta de la contaminación a escala local. Sin embargo, considerando valores promedio se realizó un análisis de varianza (ANOVA) cuyos resultados se presentan en el siguiente acápite para mostrar diferencias en la concentración de Plomo detectada en cada una de las muestras obtenidas.

## 7. Resultados

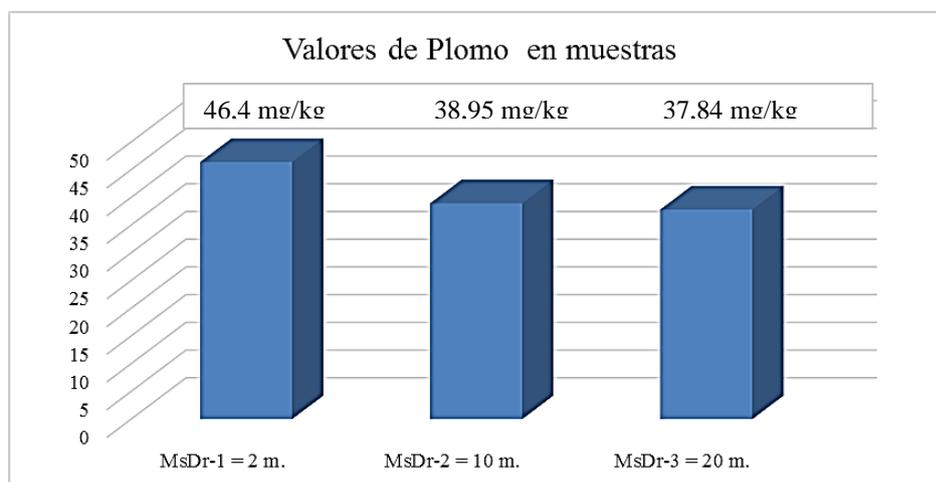
A continuación, se ilustran tablas y figuras con los resultados obtenidos tras el procesamiento de las muestras de suelo contaminado, así como su comparación con la muestra testigo de suelo no contaminado.

**Tabla N° 1. Valor de Plomo (Pb) promedio en los dos casos de muestreo, acorde a distancias**

| Promedio de Plomo (Pb)<br>en mg/kg | 2m.   | 10m.  | 20m.  |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                    | 43,02 | 39,31 | 37,46 |

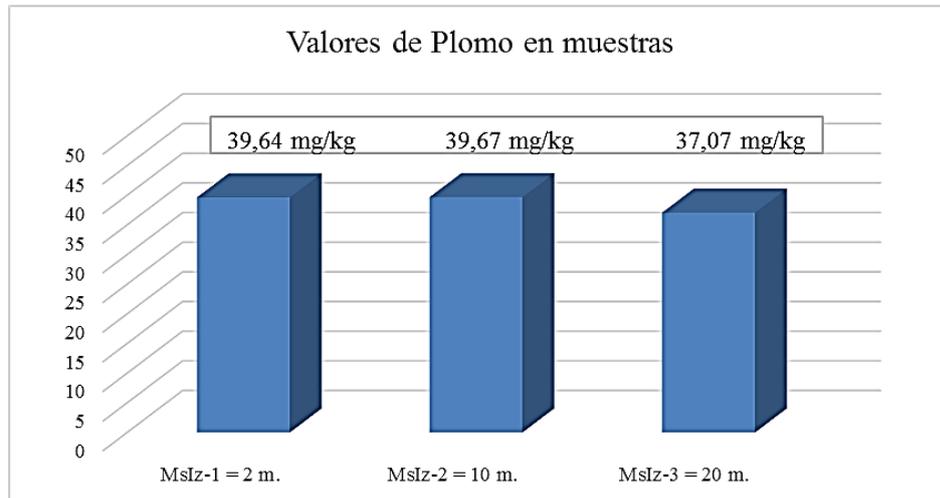
**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Figura N° 3. Resultados obtenidos de las muestras de suelo del Caso N°1**



**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Figura N° 4. Resultados obtenidos de las muestras de suelo del Caso N° 2**



**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

Los siguientes son datos comparativos entre los valores de Plomo (Pb) que corresponden al promedio encontrado en el suelo contaminado, en el suelo no contaminado (muestra testigo) y en los relaves que se generan en la parte alta del Subdistrito Minero “San Gerardo”:

**Tabla N° 2. Niveles de contaminación con Plomo (Pb) promedio**

| Suelo contaminado | Suelo no contaminado | Relaves     |
|-------------------|----------------------|-------------|
| 39.93 mg/kg       | 18.99 mg/kg          | < 300 mg/kg |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

**Tabla N° 3. Datos considerados para ANOVA**

| <b>Distancia</b> | <b>Muestras Margen Izquierda (M1)</b> | <b>Muestras Margen Derecha (M2)</b> |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 2 m.             | 37,07 mg/kg                           | 37,84 mg/kg                         |
| 10 m.            | 39,67 mg/kg                           | 38,95 mg/kg                         |
| 20 m.            | 39,64 mg/kg                           | 46,4 mg/kg                          |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

### Modelización de la variable DIST

**Tabla N° 4. Resumen para la variable dependiente**

| <b>Variable</b> | <b>Núm. total de valores</b> | <b>Núm. de valores utilizados</b> | <b>Núm. de valores ignorados</b> | <b>Suma de los pesos</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| DIST            | 3                            | 3                                 | 0                                | 3                        | 10,667       | 9,018                    |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 5. Resumen para las variables cuantitativas**

| <b>Variable</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación típica</b> |
|-----------------|--------------|--------------------------|
| DIST            | 10,667       | 9,018                    |
| M1              | 38,793       | 1,493                    |
| M2              | 41,063       | 4,655                    |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 6. Resumen para las variables cualitativas**

| <b>Variable</b> | <b>Número de categorías</b> | <b>Categorías</b>     | <b>Frecuencias</b> |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| DIST            | 3                           | 2 ~ 10 ~ 20           | 1 ~ 1 ~ 1          |
| M1              | 3                           | 37.07 ~ 39.67 ~ 39.64 | 1 ~ 1 ~ 1          |
| M2              | 3                           | 37.84 ~ 38.95 ~ 46.4  | 1 ~ 1 ~ 1          |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 7. Coeficientes de ajuste**

|  |       |
|--|-------|
| R (coeficiente de correlación)                             | 1,000 |
| R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)              | 1,000 |
| R <sup>2</sup> aj. (coeficiente de determinación ajustado) | 1,000 |
| SCR  | 0,000 |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 8. Evaluación del valor de la información originado por las variables (H<sub>0</sub> = Y=Moy(Y))**

| Fuente   | GDL | Suma los cuadrados | Cuadrado medio | F de Fisher | Pr > F |
|----------|-----|--------------------|----------------|-------------|--------|
| Modelo   | 1   | 162,667            | 162,667        |             |        |
| Residuos | 1   | 0,000              | 0,000          |             |        |
| Total    | 2   | 162,667            |                |             |        |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 9. Parámetros del modelo**

| Parámetro    | Valor | Desviación típica | t de Student | Pr > t   | Límite inferior 95 % | Límite superior 95 % |
|--------------|-------|-------------------|--------------|----------|----------------------|----------------------|
| Intersección | 0,000 | 0,000             | 0,000        | 1,000    | 0,000                | 0,000                |
| DIST         | 1,000 | 0,000             | 67108864,000 | < 0,0001 | 1,000                | 1,000                |
| DIST-10      | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| DIST-20      | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M1-37.07     | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M1-39.67     | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M1-39.64     | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M2-37.84     | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M2-38.95     | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |
| M2-46.4      | 0,000 | -                 | -            | -        | -                    | -                    |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

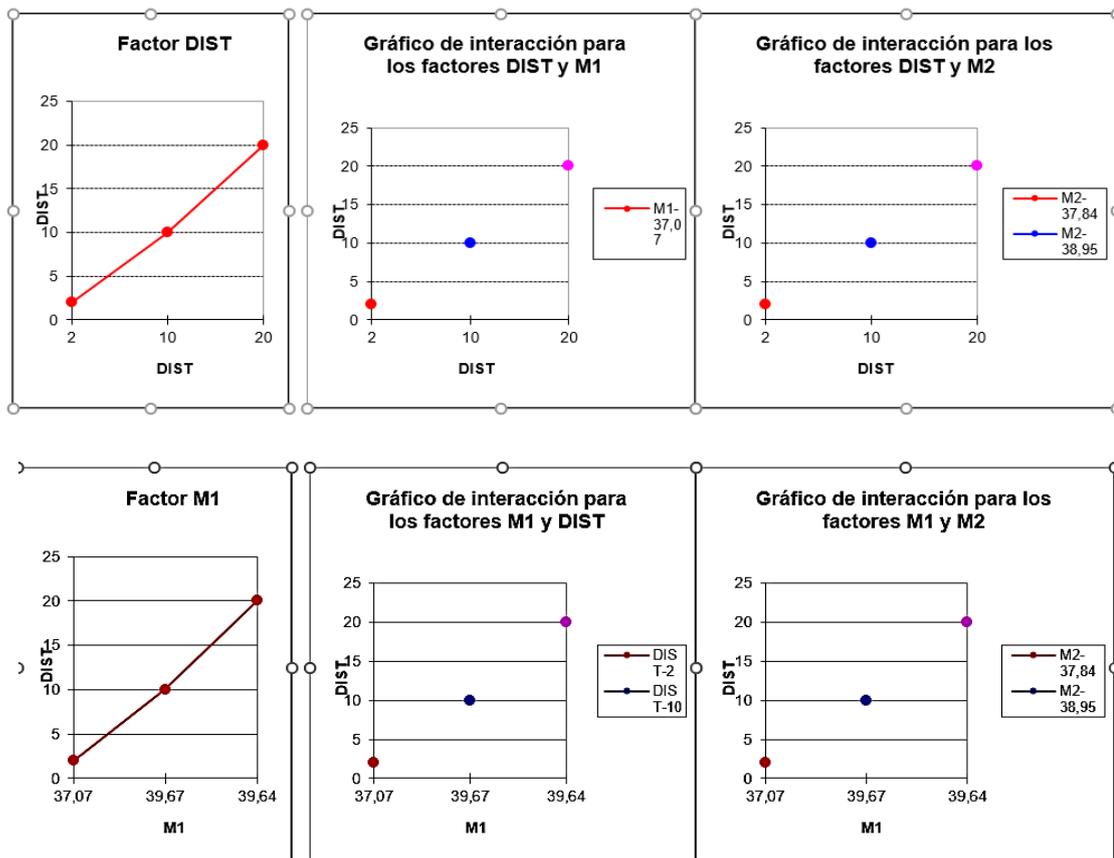
Tabla N° 10. Predicciones, residuos e intervalos de confianza

| Observaciones | Pesos | DIST   | DIST (Modelo) | Residuos Residuos | Residuos estandarizados | Interv. Inf. Media | Interv. Sup. Media | Interv. Inf. Ind. | Interv. Sup. Ind. |
|---------------|-------|--------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Obs1          | 1     | 2,000  | 2,000         | 0,000             | 0,000                   | 2,000              | 2,000              | 2,000             | 2,000             |
| Obs2          | 1     | 10,000 | 10,000        | 0,000             | 0,000                   | 10,000             | 10,000             | 10,000            | 10,000            |
| Obs3          | 1     | 20,000 | 20,000        | 0,000             | 0,000                   | 20,000             | 20,000             | 20,000            | 20,000            |

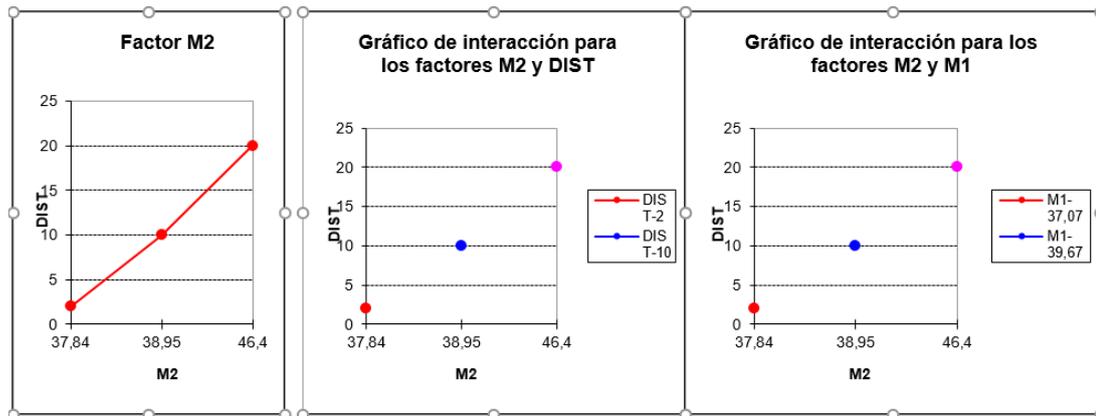
Estadística de Durbin-Watson 0,000

Nota: Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

Figura N°5 Medias obtenidas



Autor: Jaime Alfonso Ampuero Franco



Nota: Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

### Modelización de la variable M1

Tabla N° 11. Resumen para la variable dependiente

| Variable | Núm. total de valores | Núm. de valores utilizados | Núm. de valores ignorados | Suma de los pesos | Media  | Desviación típica |
|----------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------|-------------------|
| M1       | 3                     | 3                          | 0                         | 3                 | 38,793 | 1,493             |

Nota: Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

Tabla N° 12. Resumen para las variables cuantitativas:

| Variable    | Media         | Desviación típica |
|-------------|---------------|-------------------|
| <b>DIST</b> | <b>10,667</b> | <b>9,018</b>      |
| M1          | 38,793        | 1,493             |
| M2          | 41,063        | 4,655             |

Nota: Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla N° 13. Resumen para las variables cualitativas**

| Variable | Número de categorías | Categorías            | Frecuencias |
|----------|----------------------|-----------------------|-------------|
| DIST     | 3                    | 2 ~ 10 ~ 20           | 1 ~ 1 ~ 1   |
| M1       | 3                    | 37.07 ~ 39.67 ~ 39.64 | 1 ~ 1 ~ 1   |
| M2       | 3                    | 37.84 ~ 38.95 ~ 46.4  | 1 ~ 1 ~ 1   |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla 14. Coeficientes de ajuste**

|  |       |
|--|-------|
| R (coeficiente de correlación)                             | 0,827 |
| R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)              | 0,683 |
| R <sup>2</sup> aj. (coeficiente de determinación ajustado) | 0,367 |
| SCR  | 1,411 |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

**Tabla 15. Evaluación del valor de la información originado por las variables (H0 = Y=Moy(Y)):**

| Fuente   | GDL | Suma los cuadrados | Cuadrado medio | F de Fisher | Pr > F |
|----------|-----|--------------------|----------------|-------------|--------|
| Modelo   | 1   | 3,044              | 3,044          | 2,158       | 0,381  |
| Residuos | 1   | 1,411              | 1,411          |             |        |
| Total    | 2   | 4,455              |                |             |        |

**Nota:** Fuente: Análisis de laboratorio. Elaboración: Ing. Jaime Ampuero

## 8. Discusión

El análisis estadístico ANOVA establece que los valores de las muestras analizadas no difieren significativamente entre sí.

Se debe destacar que los valores de las 6 muestras de suelo son considerablemente altos en relación a los estándares permitidos por la normativa ambiental vigente a nivel nacional (25 mg/kg) y al valor de la muestra testigo MSnc-001 (18,99 mg/kg).

Se observa, además, un patrón de disminución en la contaminación con Plomo (Pb) a medida que el suelo analizado se aleja de la vía en la que ocurrieron los derrames de relaves. Existe, además, una alta concentración del metal pesado Plomo (Pb) en los suelos analizados respecto a la muestra testigo.

## **9. Propuesta de gestión ambiental en base a los resultados obtenidos**

El presente Plan es un instrumento de gestión ambiental que permite proveer de una guía de programas, medidas, actividades y procedimientos orientados a prevenir, minimizar o controlar aquellos impactos ambientales negativos y maximizar aquellos impactos positivos.

En virtud de lo mencionado, el presente Plan Gestión Ambiental se ha elaborado para el transporte de relaves de las concesiones mineras de la parte alta del Subdistrito Minero San Gerardo hacia la Planta de Beneficio de Flotación de la concesión Minera Barranco Colorado, código 101250, y corresponde a las actividades de carga, transporte y descarga de los relaves mineros, plan que ha sido formulado en base a las normas ambientales vigentes, Normas Técnicas Ecuatoriana NTE INEN de carácter obligatorio, reglamentos y acuerdos vigentes.

| PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS  |  |   |   |   |               |
|--|--|---|---|---|---------------|
| <p><b>OBJETIVOS:</b> Evitar o disminuir impactos causados a los recursos: aire, agua, suelo, seguridad, salud y socio cultural, durante las actividades de transporte de relaves mineros.</p> <p><b>RESPONSABLE:</b> Los concesionarios mineros de la parte alta del Subdistrito Minero San Gerardo y los dueños de las unidades de transporte</p> |  |   |   |   | <b>PMM-01</b> |
| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN  | PLAZO (meses) |
| <b>Aire</b>  | Contaminación del aire y afectación a la salud de trabajadores y pobladores. | Para prevenir la contaminación por partículas de polvo, y emisiones se deberá seguir el siguiente procedimiento: <b>1.</b> Al momento de circular por las vías desde San Antonio y San Gerardo a la Planta de Beneficio Barranco Colorado (Shumiral), los volquetes que transporten los relaves mineros, deberán disminuir la velocidad a | Número de volquetes /Número total de volquetes que han recibido el mantenimiento. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de mantenimiento.</li> <li>• Registro fotográfico.</li> </ul> | 12 meses      |

|                                       |  |  |   |  |  |
|---------------------------------------|--|--|---|--|--|
|                                       |  | <p>un mínimo de 10 km/h con el fin de evitar la generación de polvo (en épocas secas). <b>2.</b> Para el control y prevención de emisiones gaseosas provenientes de la combustión en motores, se seguirá el siguiente proceso: <b>a)</b> Mantenimientos preventivos permanentes, a realizarse de manera regular, para controlar así las fuentes de generación de gases provenientes de elementos desajustados o muy desgastados de los vehículos. <b>B)</b> Revisión técnica vehicular realizada en forma anual.</p> |   |  |  |
| <p><b>Aire, salud y seguridad</b></p> | <p>Incremento de los niveles de ruido, con afectación a la salud</p> | <p>Esta medida será necesaria debido al incremento del tráfico vehicular durante las actividades por los volquetes que transportan los relaves y vehículos de los</p>  | <p>Número de conductores/Número de conductores capacitados en</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia</li> </ul> |  |

|  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|---|--|
|  | de los trabajadores, y pobladores                            | trabajadores y titulares mineros, especialmente al ingreso hacia las instalaciones de descarga de relaves. <b>1.</b> Al circular por los centros poblados se debe reducir la velocidad, a un límite de 10 km/h. <b>2.</b> En caso de arribar al área de descarga de relaves durante horas nocturnas, se debe evitar el uso innecesario del claxon y/o pitos. | buenas prácticas ambientales.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro fotográfico</li> </ul>                                      |  |
| <b>Suelo, agua, cobertura vegetal.</b> | Disminución de la calidad del suelo por derrames de relaves. | Los conductores de los volquetes deben observar las velocidades límites establecidas.  | Número de volquetas que cuentan con lonas/Número de volquetas totales. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro fotográfico</li> <li>• Registro de mantenimiento</li> </ul> |  |

|  |   |  |   |   |  |
|--|---|--|---|---|--|
|  | <p>Disminución de la calidad de las aguas superficiales.</p>        | <p>Los conductores de los volquetes deben cubrir los baldes con lonas, para evitar derrames.</p> <p>Los relaves deben tener una humedad menor al 20% para evitar liqueos.</p> <p>Los volquetes deben estar en buenas condiciones mecánicas.</p>                            |   |   |  |
|  | <p>Afectación a la cobertura vegetal por el derrame de relaves.</p> | <p>Los conductores de los volquetes deben observar las velocidades límites establecidas.</p> <p>Los conductores de los volquetes deben cubrir los baldes con lonas, para evitar derrames.</p> <p>Los relaves deben tener una humedad menor al 20% para evitar liqueos.</p> | <p>Número de volquetas que cuentan con lonas/Número de volquetas totales.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro fotográfico</li> <li>• Registro de mantenimiento</li> </ul> |  |

|                                       |   |   |   |   |  |
|---------------------------------------|---|---|---|---|--|
|                                       |   | Los volquetes deben estar en buenas condiciones mecánicas.  |   |   |  |
| <b>Suelo, agua, vegetación, fauna</b> | Afectación de suelos, agua superficial vegetación y fauna asociada. | Todos los volquetes contarán con un equipo de contingencias y control de derrames según especificaciones establecidas en las hojas de seguridad (MSD)   | Número de volquetes con equipo de contingencias y control de derrames /Número de volquetes totales. | Registro de entrega de relaves a transportar. |  |
|                                       |   | Los componentes físicos y bióticos afectados por derrames de materiales y desechos peligrosos serán sometidos a procesos técnicos de remediación ambiental aconsejados para el tipo de afectación producida, que incluye pero no se limita, procesos de biorremediación, atendiendo los | Número de actividades de remediación ejecutadas/Número de reportes realizados                       | Registro de reportes de derrames.             |  |

|                          |  |  |   |   |  |
|--------------------------|--|--|---|---|--|
|                          |  | procedimientos y medición de parámetros descritos en la Normativa Ambiental vigente.                         |   |   |  |
|                          |  | Realizar monitoreo de los parámetros físico-químicos del área afectada, cuando ocurra en zonas no alteradas. | Número de monitoreos realizados/Número de reportes realizados en áreas no alteradas.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de reportes de derrames.</li> <li>• Reporte de los análisis de los laboratorios acreditados.</li> </ul> |  |
| <b>Salud y seguridad</b> | Accidentes, afectación a personas, equipos/infraestructura | Los volquetes serán conducidos por conductores debidamente capacitados y con licencia tipo “E”.              | Número de conductores de los volquetes debidamente capacitados y con licencia tipo “E” /<br>Número de | Certificado del curso del MAE y/o licencia de conducir  |  |

|  |  |   |   |  |  |
|--|--|---|---|--|--|
|  |  |   | conductores de los volquetes operativos |  |  |
|  |  | Se mantendrá vigente una póliza de seguro por Responsabilidad Civil y Daños a Terceros. | Póliza vigente                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Póliza vigente</li> <li>• Registro fotográfico</li> </ul> |  |

## 10. Conclusiones

1. Con base en el análisis químico de laboratorio de las muestras tomadas, se concluye que los suelos adyacentes a la vía San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado en el tramo de vía objeto del presente estudio se encuentran contaminados con el metal pesado Plomo en cantidades que sobrepasan en mucho al valor máximo permisible establecido en la norma ambiental TULSMAS que es de 25 mg/kg y al valor que en Plomo obtenido de la muestra de suelo testigo que es de 18,99 mg/kg.
2. La mencionada contaminación se relaciona directamente con el acontecimiento de derrames de relaves durante su transportación desde los sectores de San Gerardo de Chaupitranca y San Antonio hacia la Planta de Beneficio de minerales metálicos de la concesión minera “Barranco Colorado” código 101250. Esto pudo ser corroborado mediante el análisis macroscópico *in situ*.
3. Se demuestra el gran contenido de metales pesados que se derramaron en el presente tramo de vía (relaves mineros), por lo cual, su distribución en la dispersión de los metales pesados a través de las aguas de escorrentía superficial puede ser una variable a considerar en monitoreos futuros.
4. Se demuestra que, así como se encuentran contaminados los suelos con metales pesados en las márgenes del presente tramo de vía San Gerardo de Chaupitranca-Barranco Colorado investigado, es muy probable que en los sitios donde no existen cunetas de desagüe en esa vía y la pendiente de los terrenos de las márgenes de la misma sea negativa, dicha contaminación se extienda a lo largo de los 20 km. de la vía que va desde San Gerardo de Chaupitranca y San Antonio hasta la concesión minera Barranco Colorado código 101250. No obstante, no es posible en la actualidad realizar esta comparación debido a la hostilidad de los mineros del sector ante procesos como la toma de muestras de suelo en la zona.

5. Se demuestra, así mismo, que en esa época durante la cual tuvieron lugar los derrames de relaves tóxicos, existió una falta de control por parte de las autoridades pertinentes sobre el Subdistrito Minero “San Gerardo”, tanto en la esfera ambiental cuanto en aquella vinculada a la gestión de procesos mineros.

## 11. Recomendaciones

1. Es importante que las autoridades competentes realicen campañas de monitoreo, tendiente a cuantificar los volúmenes de relaves generados por la producción minera en la parte alta del Subdistrito “San Gerardo”. Esto con la finalidad de cuantificar el volumen de relave almacenado en esa parte alta, a fin de establecer la cantidad de relaves mineros que estarían saliendo de ese sector y en qué forma.
2. La autoridad ambiental en aspectos de contaminación de suelos con metales pesados por derrames de relaves mineros que es el Ministerio del Ambiente, sobre la base de lo indicado en las recomendaciones del presente estudio, deberá comprobar el estado de contaminación con metales pesados. El diseño presentado en este estudio es una prueba evidente de gestión en el territorio para determinar niveles de contaminación en suelo asociados al transporte de relaves.
3. Se recomienda a las autoridades competentes que exijan el cumplimiento de las medidas de remediación de las cuales deben hacerse cargo las empresas mineras causantes del problema de contaminación de los suelos en referencia. Estos procesos deberán incluir proyectos como la recuperación de los suelos mediante el uso de humedales y la implementación de bio-organismos acumuladores de metales que limpien el sustrato arcilloso del suelo contaminado.
4. La autoridad ambiental competente debe exigir a los concesionarios mineros aplicar planes de gestión como el indicado en este estudio a fin de tener un mejor control ambiental al momento de transportar los relaves mineros y el mineral de mena.

## 12. Referencias bibliográficas

Agencia de Regulación y Control Minero. (2017). *Manuales Sistema de Gestión Minera*.  
Obtenido de <http://www.controlminero.gob.ec/biblioteca/>

Agencia de Regulación y Control Minero del Ecuador. (2017). Catastro Minero. Ministerio de  
Minería. Obtenido de <http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geovisor/>

Alianza Mundial de Derecho Ambiental, ELAW . (2010). *Guía para Evaluar EIAs de Proyectos  
Mineros*. Oregon: ELAW.

Cala, V., & Kunimine, Y. (2003). Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno  
de una planta de reciclaje de baterías ácidas. *Revista Internacional de Contaminación  
Ambiental*, 19(3), 109-115.

Caro, D., & Jiménez, F. (2013). Estudio de la concentración de elementos traza tóxico de los  
depósitos de lodos, los suelos y las plantas en Mina La Solana, Almería (España).  
*Ecosistemas*, 22(3), 101-110.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2003). *Guía para la Gestión  
de las Autoridades Locales de Pueblos y Distritos Mineros de América Latina y el Caribe*.  
Santiago de Chile. Obtenido de  
<http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/13966/lcr2114e.pdf>

Conant, J., & Fadem, P. (2011). *Guía comunitaria para la salud ambiental* (Primera ed.).  
Berkeley, California: Hesperian. Obtenido de [http://hesperian.org/wp-  
content/uploads/pdf/es\\_cgeh\\_2011/es\\_cgeh\\_2011\\_cap21.pdf](http://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_cap21.pdf)

Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*.  
Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Galán, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *MACLA. Revista  
de la Sociedad Española de Mineralogía*(10), 48'60. Obtenido de  
[http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. Granada: Universidad de Granada.
- Garza, J. (1988). *Manual de Química Inorgánica*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- González, M. (2005). Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. *Terra Latinoamericana*, 23(1), 29-37.
- Guangliang, L., Yong, C., & O'Driscoll, N. (2012). *Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.,.
- Herdoíza, G. (2010). *Sistema de gestión integral de residuos sólidos (relaves) para la Planta de beneficio PROHEMACH (Tesis de Maestría)*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Logsdon, M., Hagelstein, K., & Mudder, T. (2001). *El Manejo del Cianuro en la Extracción de Oro*. (A. Paonessa, Trad.) Ontario: Consejo Internacional de Metales y Medio Ambiente. Obtenido de <http://www.panoramaminero.com.ar/ICMME.pdf>
- Manahan, S. (2010). *Environmental Chemistry* (Novena ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Marrero, J., Amores, I., & Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 46(3), 52-61.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2014). *Reforma al Reglamento Ambiental de Actividades Mineras*. Quito: Ministerio de Ambiente. Obtenido de [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/REGLAMENTO\\_AMBIENTAL\\_DE\\_ACTIVIDADES\\_MINERAS\\_MINISTERIO\\_AMBIENTE.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/REGLAMENTO_AMBIENTAL_DE_ACTIVIDADES_MINERAS_MINISTERIO_AMBIENTE.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). *Reglamento Ambiental para las Actividades Mineras en el Ecuador*. Quito: Registro Oficial.
- Morales, D., & Ruiz, K. (2008). *Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y níquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados (Tesis de grado)*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre*. OMS. Obtenido de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77917/1/9789243502137\\_spa.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77917/1/9789243502137_spa.pdf?ua=1)
- Ortíz, I., Sanz, J., Dorado, M., & Villar, S. (2007). *Informe de Vigilancia Tecnológica: Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Universidad de Alcalá.
- Parga, J., & Carrillo, F. (1996). Avances en los métodos de recuperación de oro y plata de minerales refractarios. *Revista de Metalurgia*, 32(4), 254-261. Obtenido de <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/viewFile/907/920><http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/viewFile/907/920>
- Peña, E., & Menendez, J. (2016). Estudio de las colas de tratamiento de oro de la explotación minera en Ponce Enríquez (Ecuador) desde una perspectiva ambiental. *DYNA*, 83(195), 237-245.
- Puga, S., Sosa, M., Toutcha, L., Quintana, C., & Campos, A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*, 5(2), 149-155.
- Rose, A., Hawkes, H., & Webb, J. (1979). *Geochemistry in Mineral Exploration*. Academic Press.
- Torres, O., Garza, L., Abrego, V., Bernal, M., & Piñeyro, A. (2001). Contaminación ambiental y salud. *Ciencia UANL*, 4(1), 76-82.
- Volka, T., & Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología de México.

### 13. Anexos

**Anexo N°1. Cuadro comparativo de los valores de Plomo (Pb) obtenidos en las muestras de suelo con respecto al valor de la muestra de suelo testigo y el valor máximo permisible establecido por el TULSMA**

| <b>Muestras del caso No. 1</b>                                  | <b>MsDr-1</b>   | <b>MsDr-2</b>   | <b>MsDr-3</b>   |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Valores de Plomo de las muestras de suelo                       | 46,40 mg/kg     | 38,95 mg/kg     | 37,84 mg/kg     |
| Distancia del foco contaminador                                 | 2m.             | 10m.            | 20m.            |
| <b>Muestras del Caso No. 2</b>                                  | <b>MsIz-1</b>   | <b>MsIz-2</b>   | <b>MsIz-3</b>   |
| Valores de Plomo de las Muestras de Suelo                       | 39,64 mg/kg     | 39,67 mg/kg     | 37,07 mg/kg     |
| Distancia del foco contaminador                                 | 2m.             | 10m.            | 20m.            |
| Valor de Plomo en la Muestra de Suelo Testigo MSnc-001 en mg/kg | 18,99 mg/kg     | 18,99 mg/kg     | 18,99 mg/kg     |
| <b>Valor máximo permisible de Plomo según el TULSMA</b>         | <b>25 mg/kg</b> | <b>25 mg/kg</b> | <b>25 mg/kg</b> |

**Anexo N°2. Reporte de resultados químicos de las muestras de suelos  
contaminados**



|   |  |
|---|--|
| <b>REPORTE DE RESULTADOS<br/>QUÍMICOS</b> | Código: SGCUDAL-F-004<br>Versión: 3<br>Fecha: 2014/06/10 |
|---|--|

|                                      |                             |                              |
|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ORDEN No.: N/A                       | FECHA RECEPCIÓN: 25/04/2016 | FECHA DE ENTREGA: 23/05/2016 |
| CODIGO LAB: N/A                      | CLIENTE: Jaime Ampuero      | DIRECCIÓN: N/A               |
| RUC/CEDULA: 0902220912               | MUESTRA: Suelo              | CANTIDAD: indeterminado      |
| CONDICION DE LA MUESTRA:<br>Ambiente | MUESTREADO POR: Cliente     | ANALISIS SOLICITADO: Plomo   |

**IDENTIFICACION DE LA (S) MUESTRA(S):**

|        |  |
|--------|--|
| MsDr-1 |  |
| MsDr-2 |  |
| MsDr-3 |  |
| Mslz-1 |  |
| Mslz-2 |  |
| Mslz-3 |  |
| MCT    |  |

**RESULTADOS**

**Muestra: MsDr-1**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 46.40     | 0.30 ppm             | N/A       |

**Muestra: MsDr-2**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 38.95     | 0.30 ppm             | N/A       |

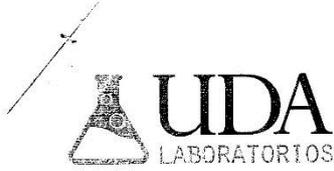
**Muestra: MsDr-3**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 37.84     | 0.30 ppm             | N/A       |

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.



Ave. 24 de Mayo 7-77 y Herman Malo.  
Teléfono: (593 7) 429-1022  
Cuenca - Ecuador



**REPORTE DE RESULTADOS  
QUÍMICOS**

Código: SGCUDAL-F-004  
Versión: 3  
Fecha: 2014/06/10

**Muestra: Mslz-1**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 39.64     | 0.30 ppm             | N/A       |

**Muestra: Mslz-2**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 39.67     | 0.30 ppm             | N/A       |

**Muestra: Mslz-3**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 37.07     | 0.30 ppm             | N/A       |

**Muestra: MCT**

| Análisis | Unidades | Método            | Resultado | Límites de Detección | Requisito |
|----------|----------|-------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Plomo    | mg Pb/Kg | Absorción Atómica | 39.51     | 0.30 ppm             | N/A       |

**OBSERVACIONES:**

Abreviaturas:

N/A: No Aplica

Técnico Responsable

Directora de Calidad

Director Técnico



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.  
El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.



**Anexo N°3. Reporte de resultados químicos de la muestra testigo**

|  |                              |                            |
|--|------------------------------|----------------------------|
| <br><b>CESEMIN</b><br>Centro de Servicios y Análisis de<br>Minerales Metálicos y No Metálicos<br><b>UNIVERSIDAD DE CUENCA</b> | <b>REPORTE DE RESULTADOS</b> | N° RMG-1384<br>Hoja 1 de 1 |
|--|------------------------------|----------------------------|

**CLIENTE:** JAIME AMPUERO  
**MUESTRA:** MINERAL METÁLICO (1)  
**FECHA:** 2017-03-09

**ANÁLISIS QUÍMICO**

| MUESTRA  | PLOMO<br>mg/Kg |
|----------|----------------|
| MSnc-001 | 18,99          |

**OBSERVACIONES:**

1. Método: Digestión ácida con agua regia, y lectura por Absorción Atómica, técnica de llama, empleando lámpara de descarga sin electrodo a la longitud de onda de 283,3nm
2. Fecha de recepción de muestra: 2017-03-03

  
 Responsable Área de Metales

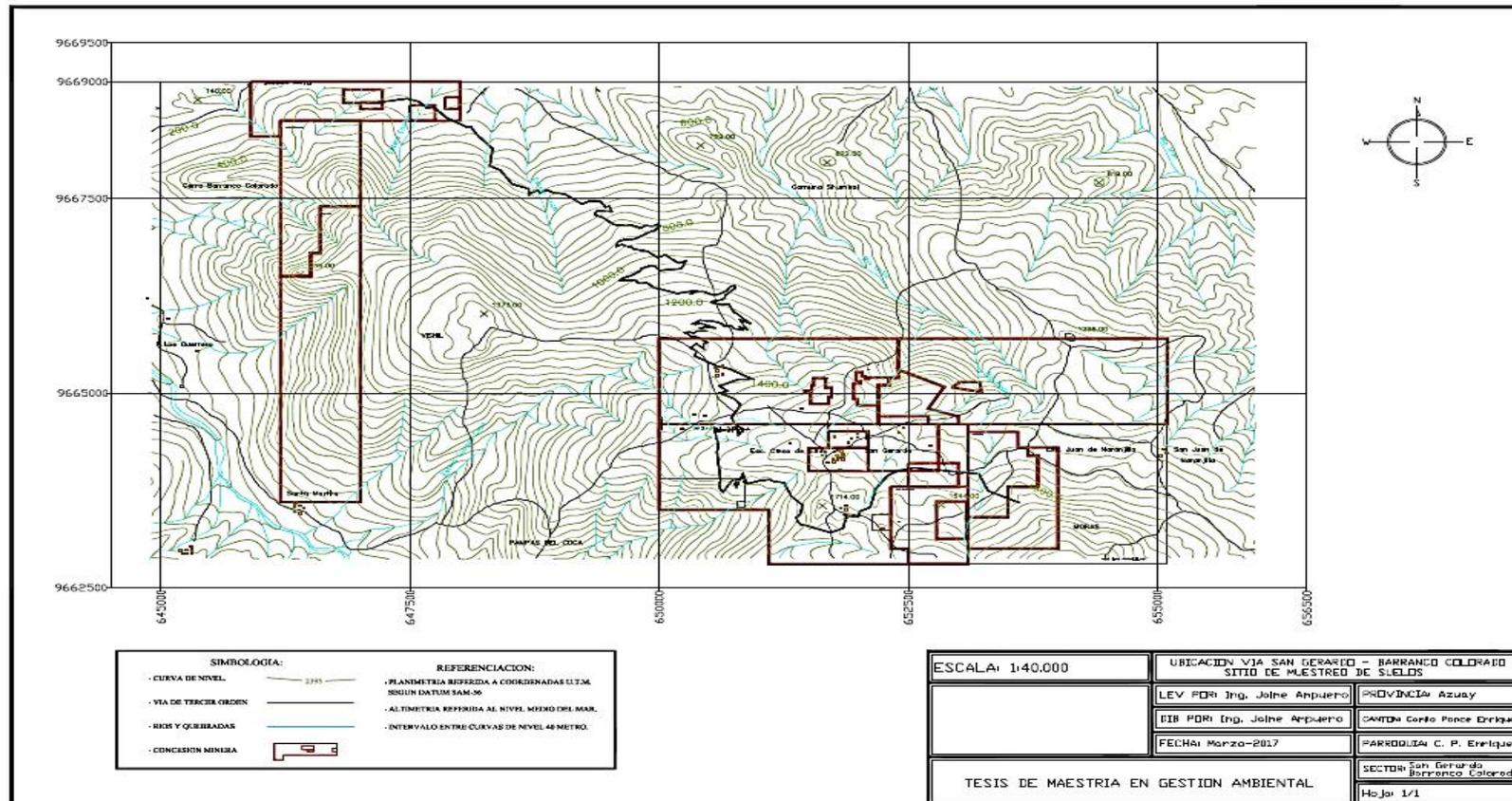


cc. archivo

**Notas:** Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.  
 Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESEMIN.  
 El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.  
 Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.

FMC2302-01      Universidad de Cuenca, sector Balzán- Telefax: (07) 4089561      Email: cesemin@ucuenca.edu.ec  
 Cuenca - Ecuador  
<http://rai.ucuenca.edu.ec/cesemin/>

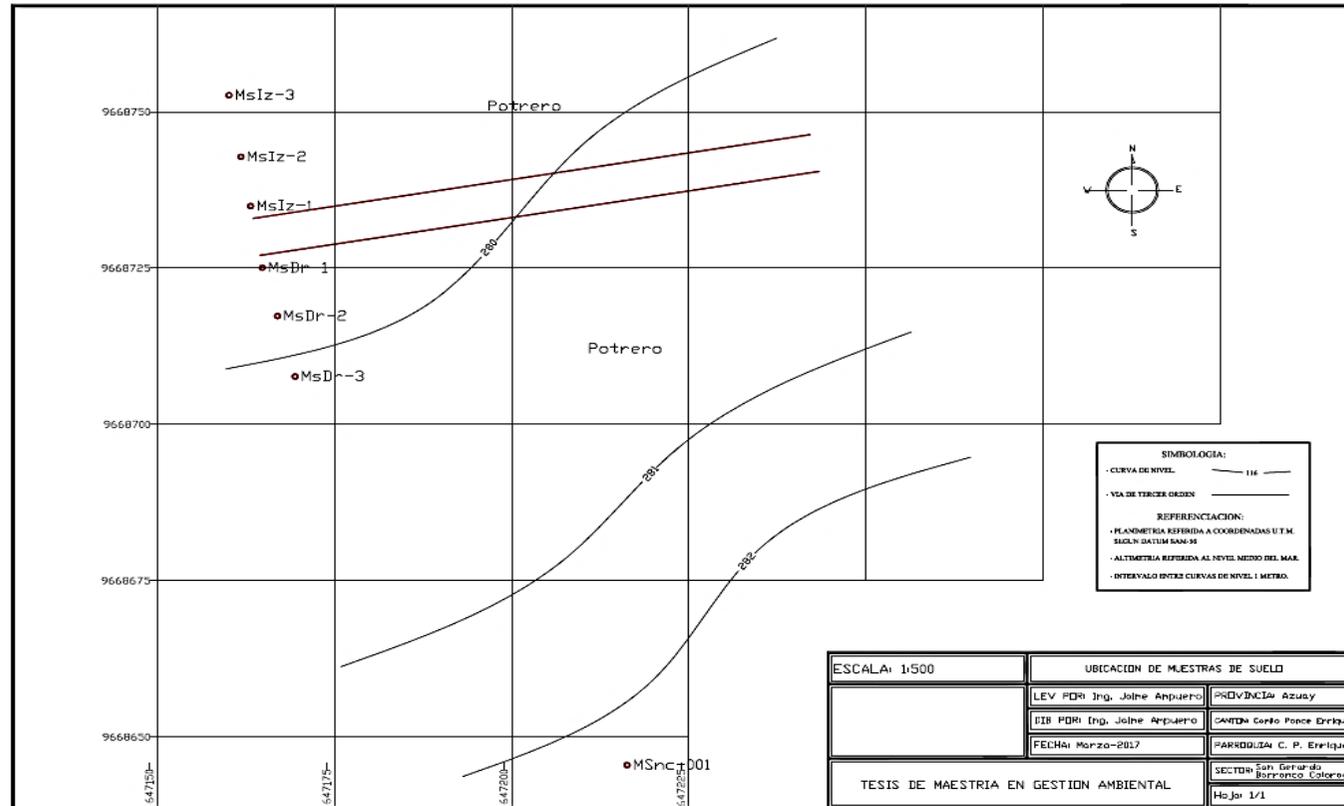
Anexo N° 4. Mapa catastral del Subdistrito Minero “San Gerardo” del cantón Camilo Ponce Enríquez, con el levantamiento planimétrico de la vía que comunica el sitio de muestreo de suelo y la parte alta del Subdistrito Minero (mapa a escala 1:40.000)



Nota: Fuente: Mapa Catastral de la ARCOM, 2016

Autor: Jaime Alfonso Ampuero Franco

Anexo N° 5. Mapa de ubicación de muestras de suelo contaminado y de la muestra testigo (mapa a escala 1:500)



**Nota:** Fuente Estudio realizado. Autor: Ing. Jaime Ampuero

### Anexo N°6. Evidencia fotográfica



Planta de Beneficio de Cianuración para la recuperación únicamente de Oro de la Empresa AGRIMROCK S. A. titular de la concesión minera Las Paralelas código 462 de la parte alta del subdistrito Minero San Gerardo



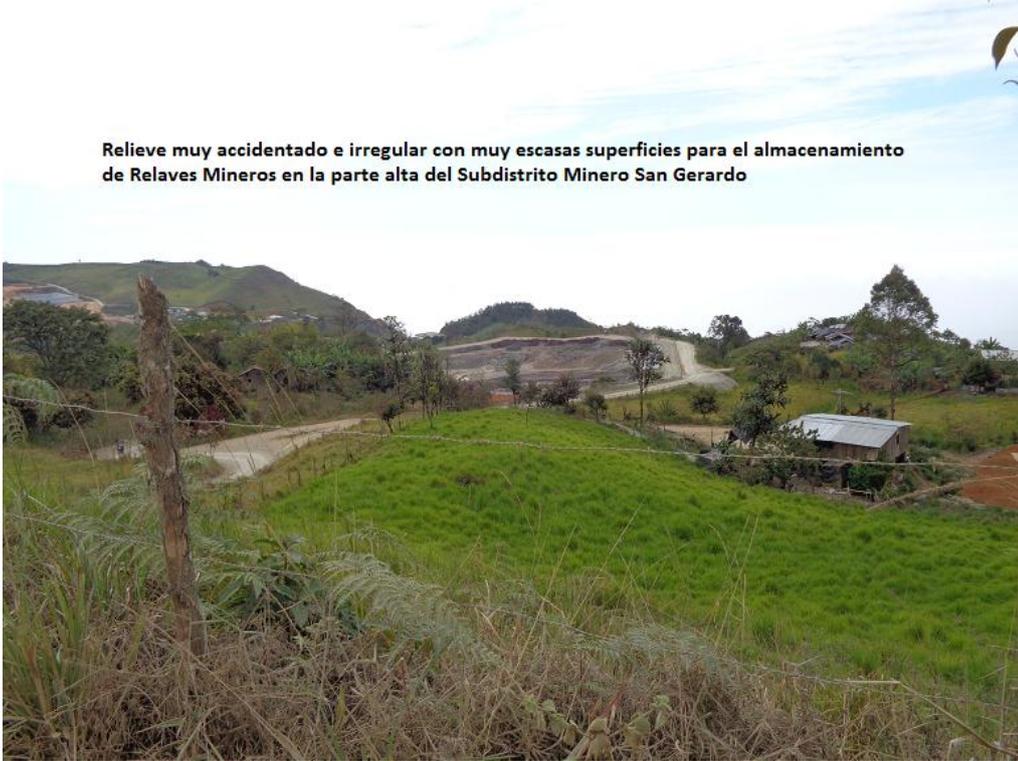
**En la cota 1360, de la parte alta del Subdistrito minero San Gerardo la piscina de relaves de la Empresa Minera AGRIMROCK S. A. titular de la concesión minera Las Paralelas código 462**



**Parte alta del Subdistrito Minero San Gerardo y piscina Relavera de la Planta de Beneficio EXPOBONANZA**



**Relieve muy accidentado e irregular con muy escasas superficies para el almacenamiento de Relaves Mineros en la parte alta del Subdistrito Minero San Gerardo**



**Plantaciones de Cacao en la margen de la vía Barranco Colorado-San Gerardo**





Tipo de volquete de transporte de relaves. Fuente: evidencia fotográfica recopilada por el autor.