

Recibido: 25 / 11 / 2007, aceptado en versión final: 19 / 12 / 2007

## Sostenibilidad ambiental y responsabilidad social en la actividad aurífera: el caso de Pierina (Ancash)

ENVIRONMENTAL SOSTENIBILIDAD AND SOCIAL RESPONSIBILITY IN THE AURIFEROUS ACTIVITY: THE CASE OF PIERINA (ANCASH)

**Eusebio Dionicio Padilla\*, Carlos Cabrera Carranza\*, Aquiles Figueroa Loli\*, Manuel Caballero Ríos\***

---

### RESUMEN

El presente estudio de investigación ha tratado dos aspectos: La sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. En esta primera fase se tratará lo concerniente a la sostenibilidad ambiental.

En la sostenibilidad ambiental se ha estudiado la calidad de las aguas y de los sedimentos en las tres quebradas de influencia de la mina Pierina: Quebrada de Pacchac, quebrada de Pucauran y quebrada de Llancash; así como los puntos: Mullaca río arriba del río Santa, punto Lima, puente Jangas y río Paltay, los resultados forman parte del presente estudio.

El monitoreo de material particulado por sedimentación ha sido efectuado en los siguientes puntos: La Soledad, Shancayan, caserío Llactash, caserío Shimpi, Jangas y Carhuaz, siguiendo la ruta del Callejón de Huaylas, determinando el material particulado en 60 días, y en estos polvos la determinación de arsénico y plomo.

De acuerdo al estudio de impacto ambiental de la mina Pierina dispone de un cierre y recuperación de los pasivos ambientales y revegetación de los terrenos impactados que está en plena ejecución y el poscierre de las canchas de lixiviación y área de almacenamiento de desmonte cuya duración será de 7 años una vez que cierre la mina en el 2009. Al cierre de diciembre 2005, la compañía reconoció una provisión de US\$ 99.7 millones en el pasivo, relacionada con sus obligaciones para el cierre y relleno futuro de las unidades mineras en las que opera.

**Palabras clave:** Sostenibilidad ambiental, monitoreo ambiental, medio ambiente.

### ABSTRACT

The research present had have two aspects: The environment sustain and social responsibility. The environment sustain was studied the quality waters and the sediments in the three creeks mine Pierina: Creeks Pacchac, Pucauran and Llancash; thus the points: up river Mullaca of Santa river, point Lima, Jangas bridge and Paltay river, the result are part the research present.

The particles material for sediments was done in the towns: Soledad, Shancayan, Llactash, Shimpi, Jangas and Carhuaz, going Huaylas route, obtained dust during 60 days, and this was analyzed As and Pb.

Due to environment impact the Pierina mine will have a clousing mine and ricovering environment pasive and afforestation wich are been excecuted and the future clousing of layers of lixiviation. This process last 9 years.At 2005 december the company has supply Us\$ 99,7 millions for clousing mine.

**Keywords:** Environment sustain, environment study, enviroment.

---

\* Docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
E-mail: edioniciop@unmsm.edu.pe

## I. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

La ruta de desarrollo exige reconocer que la búsqueda del crecimiento debe ir acompañada de la protección al medio ambiente para que éste pueda ser sostenible. Más aún, cada vez se va creando un consenso global de la necesidad de desconectar las presiones ambientales del crecimiento económico de las naciones y sus sectores económicos. En otras palabras, hay la tendencia de que las actividades productivas estén libres de externalidades ambientales.

La minería no escapa a estas presiones de desconectar sus actividades minero-metalúrgicas de los posibles impactos ambientales y, consecuentemente, los retos de contar con una tecnología, ambientalmente amigable, exigirán de mucha innovación y creatividad.

En 1999 nueve presidentes ejecutivos de algunas empresas mineras más grandes del mundo se reunieron en Davos, Suiza, preocupados por la falta de articulación entre la actividad minera y los valores de la sociedad actual. Expresaron abiertamente su preocupación de que la llamada “licencia social para operar” estaba en peligro.

Encargaron al Instituto Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo, (IIED Londres) realizar una evaluación global de las prácticas mineras, se centró en cuatro objetivos:

1. Evaluar las prácticas mineras a nivel global, en relación con el período de transición hacia el desarrollo sostenible, el comportamiento que ha registrado en el pasado, así como su contribución actual positiva y negativa, para alcanzar la prosperidad económica, el bienestar humano, el bienestar del ecosistema y un proceso responsable de toma de decisiones.
2. Determinar si las actividades mineras pueden ser compatibles con los principios de desarrollo sostenible en el futuro, y la manera en que puede lograrse.
3. Proponer los elementos claves de un plan de acción para mejorar el sistema minero.
4. Desarrollar una plataforma de análisis y compromiso para establecer una red de cooperación e interrelación entre todos los grupos de interés.

## II. METODOLOGÍA APLICADA EN LA INVESTIGACIÓN

La metodología aplicada tiene que ver con los estudios a efectuarse en el proyecto:

Estudio para evitar la generación de aguas contaminadas: El estudio tiene que ver con el área de influencia de la mina Pierina: Quebrada de Paccha, quebrada de Pucauran y quebrada de Llancash.

### Etapas del estudio

#### Etapa 1

Esta etapa incluye el análisis ambiental, que permite analizar los subsistemas físico-naturales, vías de entrada y origen de los metales en los sistemas acuáticos, para lo cual se consulta la bibliografía necesaria de las principales instituciones como: Ministerio de Energía y Minas, Instituto de Recursos Naturales (INRENA), Instituto Geológico Minero- Metalúrgico (INGEMET), Estudio de Línea de Base de la Mina Pierina, Estudio de la contaminación en la Cuenca de Llobregat (España), Estudio de la contaminación del río Tula (México), Estudio fisiográfico-sedimentológico de las Rías Altas de la Provincia de Lugo (España).

Esta etapa incluye las evaluaciones que permitan conocer las condiciones ambientales del área de estudio.

#### Etapa 2

Esta etapa comprende el trabajo de campo, muestreo y análisis físico-químico cuantitativo de las aguas: análisis químico de metales, cianuro total.

El análisis de sedimentos consistirá en lo siguiente: análisis mineralógico del material grueso e intermedio y cianuro total, y análisis mineralógico y químico del material fino menor a 63 micrones.

En la figura y tabla se presenta la ubicación geográfica de los puntos de muestreo, estos fueron seleccionados de acuerdo al reconocimiento inicial del área de trabajo y a los objetivos de la investigación.

La contaminación de las aguas de la cuenca del río Santa son evaluados a través de los cambios que experimentan la temperatura, pH, Conductividad, Eh, sólidos suspendidos, cianuro total y metales.

En los sedimentos superficiales son evaluados la granulometría grueso, medios y finos. En los gruesos y medios se determina el cianuro total y la composición mineralógica, en los finos se determina los metales y la composición mineralógico.

Las mediciones de campo se hicieron en el lugar de muestreo (análisis físico-químico), la toma de muestra de efluentes líquidos se hicieron uno para la determinación de cianuro manteniendo las condiciones alcalinas de acuerdo al protocolo y para metales en efluentes líquidos se preservó de acuerdo a las condiciones ácidas del protocolo. Se tomó muestras de sedimentos por duplicado uno para cianuro total y metales y el otro para el análisis granulométrico y mineralógico.

Se evaluó las condiciones ambientales de la cuenca del río Santa el 15 de junio del 2005.

Estudio para minimizar la generación de material particulado:

El estudio consistió en la captación de polvo por sedimentación en el ambiente y los puntos fueron 6, ubicados a lo largo del Callejón de Huaylas a partir de la Ciudad de Huaraz hasta el aeropuerto de Anta.

## PROTOSCOLOS DE MONITOREO DE AGUAS Y SEDIMENTOS

Para tener muestras útiles y representativas se requiere conocimiento de los protocolos detallados y estandarizados.

### Preparación

Para la toma de muestras de campo se requirió de los siguientes equipos y materiales:

#### Equipos

- Potenciómetro multiparámetro: mide pH, temperatura, conductividad y Eh.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Filmadora.
- Flexómetro.
- Cronómetro.

#### Materiales

- Frascos de polietileno de 1 litro de boca ancha, con tapón a presión y tapa de rosca. Para nuestro caso 3 por punto de monitoreo.
- Etiquetas autoadhesivas para todos los frascos.
- Rotulador de tinta indeleble.
- Cinta de embalaje.
- Block de notas.
- Lápices.
- Lapiceros de varios colores.
- Piceta.
- Papel filtro cuantitativo.
- Guantes quirúrgicos.
- Contenedor para conservar y transportar las muestras.
- Planos de ubicación de los puntos de monitoreo.

#### Reactivos y soluciones

- Soluciones Buffer de pH 4.0 y 7.0 para calibrar el potenciómetro.
- Agua destilada.
- Hidróxido de sodio en granallas.
- Ácido nítrico.

Antes de la salida a campo se verificó que todos los equipos estaban operativos, también se verificó que los electrodos en el potenciómetro multiparámetros estaban limpios y se calibraron.

En general, para el análisis de aguas superficiales que provienen de una estación de muestreo fueron suficientes tres recipientes:

- Un recipiente de 1 L de muestra no filtrada, no preservada, para el análisis de parámetros físicos; sólidos en suspensión y sólidos totales disueltos.
- Otro recipiente de muestra no filtrada, preservada, para el análisis de metales totales. El tercero otro recipiente de muestra no filtrada, preservada, para el análisis de cianuro total.

#### Toma de muestras:

Los puntos de monitoreo se determinaron tomando en consideración los objetivos del estudio, área de influencia de la unidad minera. De los 7 puntos de monitoreo, los 6 primeros son del área de influencia o donde podrían generarse impactos en los cursos de agua por efecto de operación de la unidad minera, dos de los cuales son de aguas arriba y aguas abajo (1 y 5), respectivamente) y; por último el séptimo (Paltay) como comparación.

Es importante indicar que para la toma de muestras *in situ* se tomó en cuenta lo siguiente: la topografía, lugar de colección, tipo de muestra y las condiciones del clima. Es importante indicar que para los lugares exactos del muestreo se consideró también tomando en cuenta que no representaban en ningún momento riesgo alguno para los miembros del equipo.

En el documento U.S. EPA/ACOE (1993) se proporciona un resumen de los procedimientos de colección, preservación y almacenamiento de muestras.

Para el rotulado con etiquetas autoadhesivas de los frascos de polietileno se consideró lo siguiente: Nombre de la mina, fecha y hora de muestreo, estación de muestreo, número de muestra y código de análisis. Con estos datos y de acuerdo al tipo de análisis para cada uno de las muestras se elaboró la hoja de custodia para el análisis en el laboratorio.

A nuestro retorno las muestras de agua se enviaron a la brevedad posible a un laboratorio certificado para los respectivos análisis.

## SEDIMENTOS

Las tomas de muestras de sedimentos se hicieron en los mismos puntos de las tomas de agua y se hicieron por duplicado, en envases de ½ litro de boca ancha, uno para la determinación de cianuro total y la otra muestra para los metales pesados, elementos metálicos y compuestos mineralógicos.

La muestra para cianuro total fue secada a condiciones de laboratorio y tamizada a malla Tyler -80. Para los elementos metálicos y compuestos mineralógicos, la muestra fue secada a condiciones de laboratorio y tamizado a malla -200.

**Puntos de muestreo:**

Punto de Muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM		Altitud msnm
		Norte	Este	
1	Puente Mullaca	8954926	0221497	2900
2	Puente Mullaca	8955708	0220208	2900
3	Pucauran	8958202	0218247	2882
4	Qda. Llancash	8960530	0216863	2821
5	Lima	8961042	0216782	2792
6	Puente Jangas	8960444	0217064	2305
7	Puente Paltay	8958556	0218742	2300

Descripción de los puntos de muestreo:

- 1: Mullaca río arriba SWM – 25
- 2: Mullaca riachuelo quebrada de Pacchac
- 3: Quebrada de Pucauran
- 4: Quebrada de Llancash (río Jangas)
- 5: Punto Lima, frente a planta de flotación
- 6: Puente Jangas, sobre el río Santa
- 7: Río Paltay, Cordillera Blanca puente antiguo

**III. RESULTADOS**

Resultados de análisis de campo (\*)

Punto de Muestreo	pH	Temperatura °C	Conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Eh mV	TSD <sup>(1)</sup> mg/L	TSS <sup>(1)</sup> mg/L	Velocidad dm/s	Caudal L/s
1	8.0	10.2	157	75	1261.9	6.7	6.0976	8841.52
2	8.9	12.1	802	68	164.8	30.0	0.2917	0.26
3	9.2	24.9	1397	53	1871.4	41.1	7.500	13.80
4	8.7	16.5	942	131	847.2	32.8	0.4670	0.37
5	8.2	14.9	268	150	258.3	8.9	7.8125	8203.13
6	8.0	15.3	190	165	93.0	19.7	7.8125	8203.13
7	9.3	12.2	72	103	182.6	44.1	2.6670	34.00

(\*) Realizados los días 16 y 17 de junio de 2005.

(1) Realizados en el Laboratorio de Análisis Minero-Metálico de EAPIM.

**Resultados del análisis de calidad de agua (\*).**

Punto de Monitoreo	Cu mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L	As mg/L	Sb mg/L	Hg mg/L	CN Total mg/L
1	0.003	0.008	0.188	1.850	0.0002	0.0017	0.0006	0.001
2	0.001	0.001	0.029	0.110	0.0002	0.0012	0.0006	0.004
3	0.001	0.001	0.009	2.029	0.0002	0.0014	0.0005	0.001
4	0.001	0.012	0.026	0.519	0.0058	0.0040	0.0005	0.007
5	0.001	0.007	0.077	0.913	0.0004	0.0015	0.0004	0.001
6	0.015	0.009	0.145	0.753	0.0002	0.0006	0.0004	0.005
7	0.001	0.004	0.016	2.254	0.0002	0.0004	0.0003	0.001
LMP 17752 clase 3	1	0.1	25		0.2		0.01	0.1

(\*) Metales totales.

Resultados del análisis de sedimentos en malla -80 (\*)

Punto de Monitoreo	1	2	3	4	5	6	7
CN Total mg/ kg	0.003	0.011	0.007	0.003	0.011	0.015	0.007

(\*) Realizados los días 16 y 17 de junio de 2005.

**Resultados del análisis de sedimentos en malla -200 (\*)**

Punto de Monitoreo	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Fe %	Cd ppm	Cr ppm	As ppm	Sb ppm	Hg ppm
1	37	78	437	2.307	1.2	5.5	26.4	4.5	0.33
2	40	235	250	2.617	1.5	0.1	17.6	3.6	0.87
3	61	40	173	3.396	0.2	0.1	2.5	5.0	0.79
4	80	587	1197	4.053	8.4	6.6	36.6	6.1	0.63
5	43	138	700	3.216	1.9	1.7	45.0	4.7	0.27
6	46	103	812	3.261	2.2	1.7	48.9	4.1	0.26
7	19	63	87	2.233	0.1	0.1	5.7	4.3	0.11

(\*) Realizados los días 16 y 17 de junio de 2005.

**RESULTADO DE FASES COMPONENTES DE SIETE SEDIMENTOS EN MALLA – 200 POR DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X**

Para este análisis las muestras de sedimentos en malla -200 son irradiadas con rayos x monocromá-

ticos, provenientes de un anticátodo de cobre con filtro de níquel, obteniéndose los difractogramas de cada muestra, en los cuales se identifican las fases componentes y se determinan su abundancia, cuyos resultados se indican en la tabla siguiente:

Muestra	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B
cuarzo	45,4	54,3	48,5	12,8	51,9	51,4	60,1
Moscovita	16,0	6,4		31,8	14,4	14,6	13,9
Albita	12,4	5,9	14,3	10,4	7,3	10,1	8,6
Anortita	5,9	7,6	1,2	3,4	7,6	5,3	2,9
Ortoclasa	3,0	1,8	4,1	3,2	2,7	1,4	2,0
Clorita	6,4	3,3		5,1	4,0	3,7	3,6
Caolinita	3,0		13,8	8,3	4,2	5,4	3,8
Montmorillonita	4,5	5,2	11,0	15,0	2,9	3,2	2,7
Yeso	1,1	0,8					
Goetita	0,6	0,5	1,3	2,0	0,6	0,6	0,3
Biotita	0,7	0,3		2,8	0,7	1,4	1,4
Diópsido	0,6	0,7					
Hematita	0,2	0,7				0,1	0,1
Calcita	0,1	0,3	2,3	2,7	0,2		0,1
Alunita		7,3	0,2		1,1		
Anhidrita		0,6	1,0		0,4	0,1	0,2
Pirita		0,1	0,6				
Dolomita			1,6			0,1	0,1
Pirofilita				1,7			
Jarosita				0,7			
Andalusita					0,7	0,9	
Epidota					1,2	0,8	
Ilmenita						0,4	0,1

**Material particulado en el aire**

**Método de sedimentación**

Punto de Muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM		Altitud msnm
		Norte	Este	
1	La Soledad	8945780	0223361	3103
2	Shancayan	8947806	0223033	3108
3	Caserío Llactash	8951364	0221878	2894
4	Caserío Shimpi	8959628	0218134	2852
5	Jangas (óvalo)	8960334	0217028	2810
6	Carhuaz (MM)	8972094	0211069	2683

Descripción de los puntos de muestreo:

- 1: Soledad Huaraz      2: Shancayan (Independencia)      3: Monterrey (independencia)  
 4: Caserío Shimpi      5: Jangas, cerca del óvalo      6: Carhuaz

**Resultados de monitoreo de material particulado (\*)**

Punto de Monitoreo	mg 60 días	mg 30 días	mg/m <sup>2</sup> /30 días	Pb Mg/m <sup>2</sup> /30 días	As Mg/m <sup>2</sup> /30 días
1	171.00	85.50	1030.6	0.3952	0.1352
2	190.00	96.45	1150.6	0.0939	0.0981
3	robo	robo	robo	robo	robo
4	1.70	0.85	10.2	0.0015	0.0016
5	349.20	174.60	2104.6	0.4670	0.4910
6	558.30	279.15	3364.9	0.1309	0.1450

(\*) Realizados desde el 16 de junio hasta el 17 de agosto del año 2005.

**IV. CONCLUSIONES**

- Las regulaciones para la calidad de agua están dadas por la Ley General de Aguas No. 17752, en el caso del estudio se trata de aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales (tipo III). De acuerdo a los análisis de elementos químicos del monitoreo efectuado, las muestras de agua se encuentran dentro de los límites establecidos.
- El cianuro total encontrado en los sedimentos en los mismos puntos donde se tomaron las muestra de agua representan en concentraciones 3 veces mayor al encontrado en el agua.
- Los elementos químicos potenciales peligrosos: Cd, Cr, Cu, Pb, As y Hg están concentrados en los sedimentos en valores altos que, probablemente, se disuelvan para pasar al agua y aumentar la contaminación del agua o estos elementos presentes en el agua por un desequilibrio químico precipiten en el sedimento.
- La mineralogía de los sedimentos indica que más del 50% de los compuestos presentes son como sigue:

- Quebrada de Pacchac, Punto Lima, Puente Jangas y río Paltay se trata de sedimentos silicosos.
- Mullaca río arriba, quebrada Llancash, se trata de sedimentos sílico-moscovita.
- Quebrada Pucauran, se trata de sedimentos silicosos, caolínicos.
- En todos los sedimentos, también están presentes en porcentajes apreciables los compuestos: albita, caolinita y montmorillonita.

**V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. DÍAZ, Arturo B (1998). La responsabilidad civil por contaminación del entorno y su aseguramiento, Fundación MAPFRE, Cuaderno 42, México, febrero.
2. DEL CASTILLO, Juana (2001). Remediación ambiental y planes de cierre en la actividad minera, INGEMMET.
3. GRADE/Eco/Cooperación. Procesos multiactores para la cogestión de impactos mineros en el Perú.

