

EJEMPLO 4 (DERRAME DE RELAVES): REBALSE DE UN TRANQUE DE RELAVES PERTENECIENTE A UNA FAENA AURÍFERA

1 ANTECEDENTES

El día 5 de Septiembre durante un episodio de lluvia/deshielo se generó una emergencia por el rebalse de un tranque de relaves perteneciente a la faena aurífera Pepita de Oro, ubicada en la Cordillera de los Andes, IV Región (a 3.400 m.s.n.m.).

Durante unas 48 horas, relaves y aguas del tranque fueron arrastrados por una quebrada en dirección a un humedal en cuyo contorno habitan guanacos. No se registraron especies muertas. Se estima que el volumen total de relave derramado fue del orden de 1.000 m³.

2 RECEPCION DE AVISO DE LA EMERGENCIA

El día 6 de Septiembre, el personal del SAG de la V Región es notificado de la emergencia. Considerando que puede generarse un perjuicio sobre el humedal y la flora y fauna asociada, el SAG efectuará una visita a terreno para levantar información preliminar.

3 PREPARACION DE LA VISITA A TERRENO

Debido al difícil acceso de la zona, la preparación de la visita a terreno toma dos días (exámenes de altura del personal, vehículo, etc.).

3.1 Formación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará conformado por dos personas:

- El Sr. Juan Pérez, como encargado de la visita a terreno;
- Sr. Pedro Soto el encargado de apoyar las acciones desde el gabinete.

La función del Sr. Soto se limitará a recopilar algunos antecedentes generales y estar disponible en la oficina (telefónicamente), en caso de consultas. Además, facilitará la comunicación con los otros organismos.

3.2 Información Preliminar sobre las Sustancias Comprometidas

Para el caso del evento, las sustancias contaminantes son potencialmente compuestos cianurados y barros con metales pesados.

Empresa Responsable del transporte	: ACME Ltda.
Tipo de sustancia	: compuesta
Estado físico	: lodo
Características físicas de la sustancia:	
Densidad	: s/i
Volatilidad	: s/i
Solubilidad en agua	: s/i
Log Kow	: s/i
Log Koc	: s/i
Precauciones de manejo y seguridad	: s/i
Posibles efectos sobre la salud	: s/i
Cantidad de sustancia almacenada	: s/i
Cantidad de sustancia derramada	: 1.000 m ³

La información se obtiene a través de una llamada a la empresa minera responsable de la emergencia; luego se registra en la Ficha de Evaluación rápida.

Además, se solicitó a la empresa minera los siguientes antecedentes: *Caracterización química de los relaves, proceso de transferencia y aguas de proceso*. En forma preliminar, se sabe que los elementos más importantes del mineral de la zona son: cobre, arsénico, plomo y zinc.

3.3 Características del Lugar (donde se produjo el evento)

Según la información proporcionada en la convocatoria de emergencia, el evento se habría producido en altura, en el Tranque N°1 ubicado en la zona de la unión del río El Pedregal con el río Lauca a aproximadamente 6 km aguas abajo de la mina.

En forma paralela a la visita a terreno, el encargado de gabinete (Sr. Pedro Soto) recopiló algunos antecedentes generales sobre la zona potencialmente impactada: *Cartografía IGM, foto aérea del SAF*, encontrando lo siguiente:

- El entorno a la zona del evento corresponde a una área mineralógica importante, donde se han desarrollado faenas mineras desde hace más de una década;
- El tranque de relave colapsado, tiene una data de 10 años de operación y estaba próximo a clausurarse;
- En la zona existe un humedal que ha permitido la existencia de flora y fauna silvestre; en el entorno hay guanacos;
- El nivel de precipitaciones en la zona es del orden de los 200 mm anuales concentrándose entre Junio y Julio; el deshielo se produce en los meses septiembre y octubre;

- El subsuelo (roca) es bastante impermeable; superficialmente puede tener permeabilidades mayores (grietas, roca descompuesta, suelos residuales);
- La dirección predominante del viento es hacia el sur;
- En la zona no han ocurrido otros eventos de emergencia.

Además, se solicita información adicional a la empresa minera como planos topográficos y fotografías aéreas de la zona, las cuales estarán disponibles al momento de efectuar la visita en terreno.

Dado que la empresa mantiene una red de monitoreo de las aguas superficiales de la zona, se solicita un muestreo de las dos estaciones de monitoreo que se encuentran aguas abajo del derrame (en una distancia de 2 km y 5 km).

3.4 Equipamiento para terreno

- Overoll;
- Guantes;
- Casco;
- Mascarilla;
- Botas;
- Bolsas plásticas para muestreo de suelos, especies de flora y fauna
- Frascos para muestras de aguas;
- Cooler (icepack) ;
- Pala;
- Equipo GPS;
- Cámara fotográfica; y
- Ficha para evaluación rápida.

Debido a la ubicación geográfica del incidente (sobre 3.500 m.s.n.m.), el encargado de la visita debe renovar sus exámenes de altura. Además, se requiere ropa para invierno (parka, guantes), protector solar, entre otros.

3.5 Vehículo

El sector es de difícil acceso; se requiere una camioneta con doble tracción, cadenas de nieve.

Dado que se requiere una licencia especial para conducir en altura, la empresa empresa proporcionará un chofer.

3.6 Otros

El encargado de terreno, debe contar con los números de teléfono de la empresa responsable y del jefe de operaciones. Antes de acudir a terreno debe coordinarse con el encargado, para que éste le acompañe al lugar del incidente.

4 EJECUCIÓN DE LA VISITA A TERRENO

Durante la visita a terreno el funcionario completará y verificará los siguientes antecedentes:

4.1 Área Directamente Impactada

El derrame de relaves abarcó una superficie aproximada de 6.000 m², (60 metros de ancho por 100 de largo), donde gran parte de ella se encuentra a los pies del muro de contención del tranque y por la quebrada. La descarga fue interrumpida después de unas 48 horas de haber ocurrido el episodio. Transcurrieron unas 5 horas hasta concluir con las medidas de contención (ver croquis adjunto).

El volumen de concentrados derramados se estimó en 1.000 m³, considerando el diámetro de la sección transversal de la rotura y los antecedentes proporcionados por la empresa.

La extensión del área impactada se puede verificar con el peachímetro y conductímetro portátil. En total, el funcionario del SAG efectúa 10 mediciones en el sector impactado: pH < 4 y conductividad sobre 1.000 nhos/cm, más un control (pH=4; Conductividad= 100 nhos/cm).

En la zona del incidente existiría una quebrada que habría conducido el derrame hacia el humedal que se encuentra a una distancia no mayor de 100 m aguas abajo del derrame (ver croquis adjunto).

Con una retro-excavadora de la empresa minera, se realizan tres calicatas para verificar la profundidad de la capa de relaves depositado en el suelo:

- Cerca del muro del tranque: 20 cm;
- Aguas abajo de la descarga (30 m): < 10 cm; y
- Fuera del sector directamente afectado 0 cm (para verificar la ausencia de relaves).

Debido al color gris y granulometría fina de los relaves, es posible determinar la extensión del derrame (y luego confirmarlo con mediciones de pH). El área directamente afectada por el derrame tiene una superficie de *aproximadamente 6.000 m²* (60 metros de ancho por 100 m de largo) *con una profundidad promedio de 15 cm. En forma preliminar, el volumen del material que debe ser removido se estimó en:*

$$V_{\text{máx}} = A * L * \frac{(H_1 + H_2)}{2} = 900 \text{ m}^3$$

Donde: A = 60 m; L = 100 m; H₁ = 0,2 m y H₂ = 0,1 m

Durante la emergencia se instalaron diques provisorios en la zona de derrame; además, para retirar los relaves se tendrá que excavar un volumen mayor de material para asegurar la remoción completa del material.

En total el volumen de relaves y suelos contaminados se estimó en unos 2.000 m³, el cual debe ser depositado en el tranque de relaves (luego de haber efectuado las reparaciones).

Debido a la necesidad de retirar los relaves y suelos contaminados en forma inmediata, sería conveniente dar aviso a SERNAGEOMIN, Servicio de Salud y/o CONAMA.

4.2 Reconocimiento del área potencialmente impactada

En el reconocimiento de terreno se obtuvo la siguiente información:

Drenaje superficial

El área directamente impactado está ubicado dentro de un valle estrecho; la pendiente del terreno aguas abajo es de un 20%. La hoya aportante corresponde a toda la cabecera del valle (sobre 100 hectáreas).

Aguas Superficiales

Existe un humedal que se encuentra a una distancia de 500 m del muro de contención del tranque de relave. Los cursos de agua más cercanos se encuentran a 6 km aguas abajo de la mina (río El Pedregal y el río Lauca). La empresa minera mantiene una red de monitoreo de aguas superficiales que incluye varias estaciones en el río Pedregal, hasta la confluencia con el río Lauca.

Aguas Subterráneas

No hay aguas subterráneas a menos de 100 m de profundidad (el subsuelo es de roca).

Suelos

Los suelos del sector no tienen aptitud agrícola o ganadera. Corresponden a suelos residuales, producto de la desagregación de la roca.

Otros

Existen guanacos que viven entorno al humedal.

No hay ninguna localidad dentro de un radio de 60 km. Las viviendas más cercanas están en una distancia de 20 km del tranque de relaves, dentro del Valle del Río Pedregal.

4.3 Estratigrafía del Terreno

A partir de un corte natural del terreno ubicado en la parte baja de la quebrada aguas arriba del canal de regadío se pudo notar que la estratigrafía presenta:

- Suelos residuales 0 -20 cm
- Roca >20 cm

En la medida que se avanza en dirección aguas abajo, va aumentando el espesor del estrato de tierra.

4.4 Muestreo Preliminar

Los sectores impactados por el derrame de relaves pueden ser identificados a través de mediciones en terreno (pH, conductividad). El objetivo del muestreo preliminar es verificar hasta donde se propagó el derrame de relaves.

El muestreo preliminar contempla los siguientes puntos:

- a) Muestra del suelo a 1 m de profundidad en la zona en que se produce la descarga del relave a la quebrada;
- b) Suelos superficiales, en una distancia de 30 m aguas abajo de la quebrada;
- c) Suelos superficiales en la zona donde se encuentran los guanacos;
- d) Aguas superficiales del humedal.

Los parámetros de análisis incluyen: pH, conductividad, cobre, plomo, zinc.

Además, se tomó una muestra de relaves para el análisis de lixiviación TCLP (de manera de poder caracterizar los niveles de metales lixiviables y no solo el contenido total de éstos).

El muestreador aprovecha las mediciones en terreno (con equipos portátiles de pH y conductividad), para estimar la dirección de la propagación de la contaminación y orientar la toma de muestras: Por ejemplo, para tomar la muestra a) se puede escoger la mejor ubicación para la calicata siguiendo la variación de pH o conductividad.

El funcionario toma las **coordenadas de los puntos de muestreo** con GPS e indicarla en el croquis (ver Figura adjunta). Además, efectúa un registro fotográfico de los puntos de muestreo (cuidando de tener referencias de tamaño para poder apreciar la amplitud del objeto a mostrar).

Finalmente, dado que la empresa mantiene una red de monitoreo de las aguas superficiales de la zona, se solicitan los resultados del muestreo de las dos estaciones de monitoreo que se encuentran aguas abajo del derrame (en una distancia de 2 km y 5 km).

4.5 Medidas Inmediatas

Las medidas inmediatas tienen por objetivo un control de la fuente de contaminación (evitar que se prolongue el derrame de relaves), y luego una minimización de su propagación (evitar el contacto de aguas con los relaves derramados). En la medida que la infraestructura existente lo permita, se deberían considerar las siguientes medidas:

- Interrumpir la descarga de efluentes al tranque;
- Aumentar el flujo de retorno de las bombas hacia la planta;
- Bombear el líquido escurrido a un nuevo sistema de almacenamiento (estanque u otro tranque en operación);
- Construir pretils de contención aguas abajo al muro de contención.

Las medidas de contingencia deberían estar definidos en el plan de emergencia del tranque.

Debido al riesgo de otra crecida, es conveniente remover los relaves y suelos contaminados en forma inmediata (sin esperar los resultados de la caracterización del suelos). Dado que la composición de los relaves es conocida, su disposición en un tranque no tendría problema (una vez efectuados las reparaciones correspondientes).

5 ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

5.1 Relación Fuente v/s Medio Receptor

En primer lugar, se establecerá la relación entre la fuente de impacto y medio receptor:

- La exposición directa a los relaves (absorción por la piel, inhalación de polvo fino) puede afectar la seguridad de las personas.
- El arrastre de contaminantes con el viento (polvo fino) puede afectar a la calidad de aire, aguas superficiales, vegetación y flora, fauna y seguridad de las personas;
- El arrastre por aguas superficiales (polvo fino) puede afectar la calidad del agua superficial.
- La infiltración al subsuelo (compuestos lixiviables) puede afectar el suelo y eventuales aguas subterráneas (si las hubiera).

La existencia de relación entre las vías de propagación y la componente ambiental se indica en la Tabla 1.

Los potenciales contaminantes son metales (cobre, arsénico, plomo, zinc). Basado en las observaciones en terreno se tiene que evaluar la propagación de contaminantes en forma de polvo (sólido) a través del arrastre con el viento y aguas superficiales. Dependiendo de los resultados de los ensayos de lixiviación TCLP, se podrá evaluar el potencial de solubilización de estos contaminantes.

5.2 Magnitud de la Fuente de Impacto

La magnitud de la fuente de impacto (M) se clasifica en **alta (100 puntos)**: debido a que el volumen derramado es mayor que 200 m^3 de producto contaminante

5.3 Probabilidad de Propagación

El funcionario debe analizar las diferentes vías de propagación de la contaminación, que para efectos del evento tratado en el ejemplo queda:

Exposición Directa

Considerando que el lugar donde ocurrió el evento se encuentra alejado de zonas pobladas (excepto para los trabajadores de la mina), el riesgo por exposición directa al contaminante es **bajo (10 puntos)**. En este contexto es importante tomar los resguardos para evitar el acceso de personas y/o animales durante el período de limpieza.

Arrastre con el Viento

Debido a la granulometría fina de los relaves, los contaminantes pueden propagarse con el viento al encontrarse adherido a partículas sólidas. Por otra parte, la erosión por viento del material húmedo es menor. La probabilidad de una propagación de la contaminación por el viento clasifica como mediana (**50 puntos**).

Arrastre con Aguas Superficiales

Aún cuando el derrame no alcanzó a ningún curso de agua superficial, es muy alta la probabilidad de un arrastre con aguas superficiales debido a la ubicación en una quebrada intermitente. El humedal se encuentra en poca distancia, por lo cual la probabilidad de propagación con aguas superficiales es **alta (10 puntos)**.

Infiltración al Subsuelo

Debido a las características del subsuelo (roca de baja permeabilidad), la probabilidad de una infiltración de compuestos lixiviables es **baja (10 puntos)**

5.4 Vulnerabilidad de componentes ambientales

A partir de los cuadros incluidos en el capítulo IV se otorga el puntaje a la componente afectada en relación a su vulnerabilidad (indicado en la 1º columna de la Tabla 2).

Suelo

Los suelos no tienen uso agrícola ni ganadero; los niveles naturales de metales (arsénico, plomo, zinc) son elevados. Solo en el sector de la vega sustentan alguna vegetación, que pudiera verse afectada por la contaminación. La vulnerabilidad de esta componente se considera **baja** (puntaje **10**).

Aire

Esta componente se ve afectada fundamentalmente por la suspensión de material particulado (con metales pesados y compuestos cianurados). Debido a los fuertes vientos hay una buena dispersión de una eventual contaminación (y pocos receptores). La vulnerabilidad de la componente aérea se considera **mediana** (puntaje **100**).

Aguas Superficiales

Considerando la proximidad del humedal al muro de contención (500 m), y que constituye un nicho ecológico importante debido a que su existencia es poco común en las zonas cordilleranas, la vulnerabilidad de la componente es **alta**, con lo cual el puntaje asociado es **100**.

Vegetación y Flora del lugar

Considerando la existencia del humedal (donde existe vegetación) y que las sustancias contaminantes podrían arrastrarse con el viento, existe cierto grado de vulnerabilidad de esta componente que se considera **baja** (puntaje **10**)

Fauna

Para el caso del evento existen guanacos que transitan en el sector del humedal, los cuales podrían verse afectados por el derrame. Sin embargo, no se encontraron especies muertas. Considerando lo anterior, se otorga una vulnerabilidad **baja** (**10** puntos) a la componente.

Seguridad de las personas

Como no existen poblados cercanos, las únicas personas que pueden estar enfrentados a algún peligro son los trabajadores y los que asisten a la emergencia. No obstante, los metales pesados y compuestos cianurados son venenos para la salud de las personas, por lo cual se considera que la vulnerabilidad de esta componente es **media** (**50** puntos).

Otras Componentes

El reconocimiento en terreno permitió descartar o calificar de baja vulnerabilidad a las demás componentes ambientales:

- Agua subterránea
- Flora y fauna acuática
- Uso del suelo;
- Paisaje y estética;

- Socio-economía.

5.5 Priorización de los Riesgos Ambientales

Luego en la matriz se estima la magnitud del riesgo ambiental (RA), para ello se aplica el producto entre la relación existente entre vía de exposición y componente ambiental (R) y la raíz cúbica del producto entre el puntaje asociado a la vulnerabilidad (V), el puntaje asociado a la probabilidad que se propague por cierta vía de exposición (P) y la magnitud de la fuente: Esta relación se expresa como:

$$RA = R * (V * P * M)^{1/3}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Para la priorización de los riesgos ambientales se considera el máximo entre los valores de riesgo ambiental, obtenidos para cada componente ambiental analizada. Para ello se utiliza la siguiente escala:

- Puntaje de 75 a 100 = Muy Alta
- Puntaje de 50 a 74 = Alta
- Puntaje de 25 a 49 = Medio
- Puntaje de 1 a 24 = Bajo

La componente ambiental con el mayor riesgo de contaminación es el agua superficial, la flora y fauna terrestre (en el humedal).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRELIMINARES

Los principales impactos ambientales se ocasionan preliminarmente al agua superficial. Este último se debe a la importancia que se atribuye a la existencia del humedal (en una zona de la cordillera que tiene poca vegetación).

Los análisis de agua del humedal efectuados por el SAG no arrojan una contaminación del humedal; aún así los alcances del muestreo preliminar (1 muestra) no son suficientes para descartar un impacto. El SAG solicitará a la empresa minera efectuar análisis adicionales de la calidad de agua en el humedal (5 puntos), para verificar si existe un efecto real en la calidad de sus aguas. Por otra parte, la empresa deberá informar cualquier muerte de animales en la zona (guanacos).

Como medida de seguimiento se aumentará la frecuencia de toma de muestras del programa de monitoreo de la empresa. Si no se detecta ninguna alteración de la calidad de agua durante los próximos 6 meses, se podrá volver a la frecuencia original.

El SAG debería solicitar a la faena minera análisis de suelos en la zona donde se efectuarían las limpiezas (para comprobar la remoción completa de los relaves y suelos contaminados).

