

EJEMPLO 5 (DERRAME DE CONCENTRADOS): DERRAME DE CONCENTRADO DE COBRE

1 ANTECEDENTES

En la VI Región, el día 4 de noviembre se generó una emergencia debido al rompimiento de un concentraducto de mineral de cobre, derramando unas 200 toneladas de material. El evento se produjo en un atravieso superior al paso del río Torrentoso, que conecta a dos faldeos cordilleranos

El mineral concentrado es calcopirita (CuFeSO_4) con una ley del 30% de Cobre. El problema se habría generado por una falla en el sistema de control del concentraducto, liberando el material por 2 horas. Gran parte del concentrado habría caído en el lecho del río Torrentoso. A 50 km aguas abajo de este río existe el camping Huenchumilla, lugar turístico que utiliza las aguas del río para riego y para bebida de sus caballos.

2 AVISO DE LA EMERGENCIA

El personal del SAG VI es notificado de la emergencia el día 5 de noviembre (un día después de haber ocurrido la falla del concentraducto). El servicio participará en el Comité Técnico de la Emergencia debido a los eventuales impactos a la calidad del agua, la actividad agrícola y ganadera del valle inferior del Río Torrentoso.

3 PREPARACION DE LA VISITA A TERRENO

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.

Tratándose de una derrame de una sustancia conocida y sin riesgos agudos para el funcionario en terreno (toxicidad), la función del Sr. Soto se limita 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

La sustancia contaminante es principalmente sulfato de cobre concentrado (sin perjuicio de otros contaminantes que pueden estar presentes, **ya que en este caso no se trata de un mono-producto**). En forma preliminar se dispone de la siguiente información:

Empresa Responsable del transporte	: ACME Ltda.
Tipo de sustancia	: concentrado de cobre
Estado físico	: pastoso
Características físicas de la sustancia:	
Densidad	: s/i
Volatilidad	: -
Solubilidad en agua	: media
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	: 200 ton

La información es verificada 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 del mineral, de los concentrados y de las aguas de proceso.*

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 el km 80 del camino Huenchumilla, a 30 km del nacimiento del río Torrentoso, a 20 km aguas abajo de la mina.

En forma paralela a la visita a terreno, el encargado de gabinete (Sr. Pedro Soto) logra reunir la siguiente información preliminar:

- El entorno a la zona del evento corresponde a una área mineralógica importante, donde se han desarrollado faenas mineras desde hace más de tres décadas;
- No existen asentamientos humanos en la zona del incidente;
- El río Torrentoso es uno de los más importantes dentro de la región, atravesándola hasta conformar un lago que llega al mar;
- El río Torrentoso tiene gran importancia para el desarrollo de la agricultura y ganadería en el valle, conjuntamente con el hecho de que posee parajes de importancia turística y secciones donde se practica la pesca;
- El nivel de precipitaciones en la zona es del orden de los 400 mm anuales concentrándose entre Abril a Julio;
- El suelo es bastante impermeable;
- La dirección predominante del viento es hacia el este en la mañana y oeste en la noche;
- En la zona no han ocurrido otros eventos de emergencia.

Además, el Sr. Soto solicita a la empresa minera algunos antecedentes cartográficos sobre el sector:

- *Cartografía IGM,*
- *Fotos aéreas del SAF (o vuelos propios),*
- *Carta geológica/hidrogeológica,*
- *Planos topográficos del predio y de las faenas mineras,*

Se acuerda, que el encargado ambiental de la empresa entregará los antecedentes solicitado al funcionario del SAG en terreno.

3.4 Equipamiento para terreno

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

3.5 Otros

El encargado de terreno, debe contar con los números de teléfono de la empresa responsable, del jefe de operaciones y contacto en la municipalidad. Antes de acudir a terreno debe coordinarse con el encargado ambiental de la empresa minera, para que éste le indique el 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 concentrados impactó una superficie aproximada de 600 m², interfiriendo parte del curso normal del río. La descarga de concentrado fue detenida después de

unas dos horas de haber ocurrido la rotura. Hasta concluir con las medidas de contención transcurrieron unas 12 horas. Se recuperaron 55 m³ del mineral.

El volumen de concentrados derramados se estimó en 200 m³ (2 horas x 2,5 litros/s.)

La extensión del área impactada se puede verificar con el peachímetro y conductivímetro portátil. En total, el funcionario del SAG efectúa 10 mediciones en el sector impactado: pH < 4 y conductividad sobre 1000 nhos/cm, más un control (pH=6,2; Conductividad= 150 nhos/cm).

Además, se efectúan 3 calicatas manuales para verificar la profundidad de la contaminación, determinando que la profundidad de la contaminación era:

- Cerca de la rotura: 15 cm
- En una distancia de 20 m: 5 cm
- En una distancia de 50 m: <5 cm

Para los efectos del ejemplo, el derrame directo abarcó una superficie aproximadamente 600 m² (15 metros de ancho por 40 m de largo) con una profundidad promedio de 10 cm. El volumen del material que debe ser removido se estimó de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}} = A * L * \frac{(H_1 + H_2)}{2} = 60 \text{ m}^3$$

Donde: A = 15 m; L= 40 m; H₁= 0,15 m y H₂ = 0,05 m

Aún cuando se haya recuperado unos 55 m³ de producto derramado, se supone que una parte se perdió en el curso del río¹.

¹ Debido a los márgenes de error de la estimación preliminar del volumen, ésta no permite un balance de masas. Sin embargo, puede ser un indicio del orden de magnitud del impacto al río (considerando el total de derrame de 200 m³, unos 200-60-55= 85·m³podrían haber llegado al río).

4.2 Reconocimiento del área potencialmente impactada

El reconocimiento del entorno arroja los siguientes resultados:

Aguas Superficiales

El río Torrentoso cuenta con un flujo promedio de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, y una sección transversal de aproximadamente 25 m en la zona de la descarga del material. El curso de agua no es receptor de otros cursos aportantes aguas arriba ni tampoco de descargas de riles o aguas servidas. No obstante, 600 m aguas abajo receptiona las aguas del río Turbio cuyo caudal es bastante menor ($0,3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Aguas Subterráneas

No hay indicios de una napa de aguas subterráneas propiamente tal (el subsuelo es de roca, cubierto con escombros de laderas). Hay un flujo de aguas subsuperficiales asociado al lecho del río.

Otros

No se han registrado otros incidentes en la zona.

4.3 Estratigrafía del Terreno

La estratigrafía del terreno corresponde a la del lecho del un río donde el suelo esta compuesto por material aluvial y escombros de las laderas, cuyo espesor es variable (entre 0,5 m a 1 m).

4.4 Muestreo Preliminar

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

Dado el bajo costo de la medición de pH y conductividad, se consideró un muestreo relativamente extenso:

- a) Control: Aguas del río Torrentoso a 100 m aguas arriba de la descarga de concentrado.
- b) Agua superficial del río Torrentoso a 500 m aguas abajo del derrame de concentrado;
- c) Agua superficial del río Turbio a 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Torrentoso;
- d) Agua superficial del río Torrentoso 500 m aguas abajo de la confluencia con el río Turbio;
- e) Sedimentos del río Torrentoso, inmediatamente aguas abajo del derrame;

f) Sedimentos del río Torrentoso a 500 m aguas abajo del derrame.

Dado que las aguas de la zona son levemente ácidas, el pH del agua parece estar dentro de un rango normal (pH=5,5 a 6). Sin embargo, la propagación de los compuestos disueltos es tan rápida que probablemente ya haya llegado al valle inferior. Por ello se recomienda avisar a las estaciones de monitoreo ubicadas aguas abajo del incidente para que verifiquen la calidad del agua (DGA, empresa sanitaria, etc.).

Por otra parte, los sedimentos del río Torrentoso en la zona de derrame tienen un pH bajo (además, hay indicios visuales de la presencia de concentrado en el río). Por esta razón, el funcionario toma varias muestras de sedimentos para el análisis en laboratorio (duplicados de los puntos e) y f), y puntos intermedios).

Finalmente, el funcionario verifica los eventuales efectos sobre la flora y fauna acuática aguas abajo. **(Si hubiese peces muertos, se deben tomar muestras de las especies para análisis en laboratorio).**

El funcionario deberá registrar las **coordenadas de los puntos de muestreo** con GPS y las indicará en el croquis (ver Figura adjunta). Además, puede tomar un registro fotográfico de los puntos de muestreo (cuidando de tener referencias de tamaño para poder apreciar la amplitud del objeto a mostrar).

4.5 Medidas Inmediatas

Las medidas inmediatas de control del derrame fueron realizados por personal de la empresa, entre otros:

- Detener la descarga de concentrado en el concentraducto;
- Purgar el concentrado que pueda existir en el concentraducto antes de la zona de su rotura utilizando las piscinas de control que debieran estar ubicadas en el trazado del ducto;
- Desviar el flujo del río para minimizar su contacto con la pulpa de concentrado;
- Alertar a la asociación de canalistas de la situación, al igual que a otros potenciales usuarios (como es el caso del camping); y
- Recuperar el producto derramado.

Por esta razón, el SAG solicita a la empresa remover los suelos directamente impactados (60 m^3) y los sedimentos del río Torrentoso.

El material removido debe ser acumulado, cubierto con alguna lona impermeable y protegido con diques perimetrales para evitar el contacto con escurrimientos de aguas lluvia.

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, el arrastre de contaminantes con el viento y la infiltración al subsuelo no son vías de propagación del contaminante para este caso.

El arrastre por aguas superficiales puede afectar la calidad del agua superficial, la fauna acuática, la vegetación, la fauna, el paisaje, la seguridad de las personas y la socioeconomía.

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

De lo observado en terreno se tiene que preliminarmente las componentes ambientales afectadas son:

- Suelo (debido a que se altera su composición química natural);
- Aguas superficiales (contaminación del río);
- Fauna acuática (por iones de cobre);
- Vegetación y flora (al ser regada con aguas con concentraciones de iones de cobre);
- Fauna terrestre (potencial efecto en la salud de los animales que beben agua proveniente del río Torrentoso);
- Paisaje y estética (en la zona donde se produjo la descarga);
- Socioeconomía (puede afectar la afluencia de público al camping); y
- Seguridad de las personas.

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 250 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

No hay poblaciones, flora y fauna terrestre, actividades de ganadería, cultivos agrícolas que pudiesen ser afectados en forma directa por el derrame. Por lo tanto, la probabilidad es **nula (0 puntos)**.

Arrastre con el Viento

Se considera que la probabilidad de propagación es **nula (0 puntos)**, debido a la baja volatilidad de los compuestos y el contenido de agua (que evita la propagación de polvo).

Arrastre con Aguas Superficiales

La descarga afecta directamente a un curso de agua superficial, por lo cual la probabilidad de propagación es **alta (100 puntos)**.

Infiltración al Subsuelo

La probabilidad de infiltración y transporte con aguas subterráneas es **nula (0 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

Teniendo presente la nula aptitud agrícola de los suelos, se considera que la vulnerabilidad es **baja (Puntaje 10)**.

Aguas superficiales

Considerando que la descarga se realiza directamente sobre un curso de agua y la importancia de este recurso para la región la vulnerabilidad de la componente es **alta, (Puntaje 100)**.

Fauna acuática

Existe fauna acuática que se desarrolla en el parte baja del río Torrentoso, cuya existencia pudiera verse afectada por la carga de cobre, por ello la vulnerabilidad de esta componente que se considera **media** (puntaje **50**)

Vegetación y flora del lugar

Considerando que podría efectuarse un posible impacto el desarrollo de vegetación autóctona de la zona existe cierto grado de vulnerabilidad de esta componente que se considera **baja (Puntaje 10)**.

Fauna terrestre

Como el agua del río es utilizada en la crianza de animales y es muy posible que la beban también animales silvestres que habitan en la zona, se otorga una vulnerabilidad **baja (Puntaje 10)**.

Paisaje y estética

El paisaje se verá afectado en la medida en exista una variación del aspecto del río producto del derrame de concentrado. Por lo cual se considera que la vulnerabilidad de esta componente es **baja (Puntaje 10)**.

Socioeconomía

Al existir una potencial contaminación del río Torrentoso, es posible que se vean afectados aquellos que utilizan su curso para regadío de predios agrícolas o para crianza de animales. Considerando que estos usos se pueden dar en la parte mas baja del río y que puede que la contaminación se vaya diluyendo en la medida que se avanza aguas abajo del río, la vulnerabilidad de la componente se considera **baja (puntaje 10)**

Seguridad de las personas

No existen asentamientos cercanos a la zona del derrame, las únicas personas que pueden estar enfrentados a algún peligro son aquellos que al bañarse en el río tengan contacto con la piel o ingieran agua. La vulnerabilidad de esta componente se clasifica como **baja (Puntaje 10)**.

Otras Componentes

El reconocimiento en terreno permitió descartar o calificar de baja vulnerabilidad de la componentes ambiental: aire, aguas subterráneas y uso del suelo.

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

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRELIMINARES

Considerando los resultados de la priorización de riesgos ambientales, se puede mencionar lo siguiente:

- Los principales impactos ambientales se ocasionan principalmente a la condición natural del río Torrentoso.
- Por otra parte, se tiene que considerar el impacto sobre la vida acuática que puede causar el cobre. Para ello hay que realizar bio ensayos y verificar que se cumple que el nivel de contaminación esta por debajo del límite máximo establecido en la NCh 1333/78 (1/100 de la LTm96)

En primer lugar, se tiene que ejecutar las acciones de limpieza tanto del lecho como de sedimentos, luego se requiere un monitoreo para **comprobar que la mayor parte de suelos y sedimentos contaminados haya sido removido.**

Por otra parte, el SAG debería solicitar a la faena minera análisis de suelos en el entorno del sector directamente impactado, para poder evaluar en detalle o descartar algún efecto sobre su condición natural.

Finalmente, es necesario efectuar un monitoreo de seguimiento de la calidad del agua aguas abajo (durante los próximos seis meses). La evaluación de los impactos podría implicar una modelación del desplazamiento de los contaminantes en el río.