

EJEMPLO 2 (DERRAME DE ACIDOS Y BASES): DESCARRILAMIENTO DE UN TREN CARGADO CON ACIDO SULFÚRICO

1 ANTECEDENTES

El día 4 de Abril a aproximadamente 70 km al suroeste de la Región Metropolitana se produce el descarrilamiento de los vagones de un tren que transporta un total de 2.300 toneladas de ácido sulfúrico. Hay varios vagones averiados, por lo que se teme que el derrame es de sobre 100 toneladas.

La superficie total contaminada fue de 770 m² en una zona eminentemente agrícola, sin pendientes. En la zona la casa más cercana se encuentra a 1.000 m de distancia cruzando un canal de regadío ubicado a 10 m de la línea férrea.

2 AVISO DE LA EMERGENCIA

El personal del SAG RM es notificado de la emergencia el mismo día. Considerando la localización del derrame y la existencia de un canal de regadío, se requiere una participación del SAG en la evaluación de los riesgos ambientales involucrados.

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 evaluación y de la visita a terreno;
- Sr. Pedro Soto, como apoyo desde el gabinete.

La sustancia química es conocida; el Sr. Pérez tiene los elementos de protección personal, el entrenamiento y la experiencia práctica suficiente para enfrentar una emergencia con ácido sulfúrico.

Tratándose de una derrame de mayor envergadura y con varios organismos públicos involucrados (ONEMI, CONAMA, Servicio de Salud, etc.), la función del Sr. Soto está la coordinación con los otros organismos y la información hacia el público (agricultores, canalistas, etc.).

3.2 Información Preliminar sobre las Sustancias Comprometidas

La información que se logre obtener de la sustancia debe ser registrada en la Ficha de Evaluación rápida que se adjunta. No obstante, para efectos del ejercicio se considera:

Empresa Responsable del transporte	: ACME Ltda.
Tipo de sustancia	: Ácido sulfúrico
Estado físico	: Concentrado al 60%
Características físicas de la sustancia:	
Densidad	: 1,8 kg/L
Volatilidad	: Alta
Solubilidad en agua	: miscible
Log Kow	: 1,92
Log Koc	: s/i
Precauciones de manejo y seguridad	: Líquido corrosivo higroscópico
Posibles efectos sobre la salud	: Contacto directo, inhalación
Cantidad de sustancia transportada	: 2.300 ton (aprox. 1.280 m ³)
Cantidad de sustancia derramada	: s/i (sobre 100 ton)

La información es verificada a través de una llamada a la empresa de ferrocarril; luego se registra en la Ficha de Evaluación rápida.

3.3 Características del lugar (donde se produjo el evento)

Según la información proporcionada en la convocatoria de emergencia, el evento se habría producido a 5 km al oeste de la localidad de El Cantarito; en el valle del Río Ancho.

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

- La zona es utilizada para siembra de alfalfa;
- No hay suelos con alguna condición de protección entorno al incidente;
- El nivel de precipitaciones en la zona es del orden de los 400 mm anuales concentrándose entre Junio y Agosto;
- Los suelos de la zona son permeables, ya que el lugar se localiza dentro de un valle aluvial;
- En pozos cercanos, la napa de aguas subterráneas se encontró a menos de 20 m de profundidad;
- La dirección predominante del viento es hacia el este durante el día y hacia el oeste durante la noche;
- En la comuna no han ocurrido otros eventos de emergencia.

Esta información se obtuvo a través de llamadas a la empresa local de servicios sanitarios, la Municipalidad, consultas a la DGA y SERNAGEOMIN.

Además, el Sr. Soto solicita algunos antecedentes cartográficos sobre el sector: *Cartografía IGM, foto aérea del SAF, carta geológica/hidrogeológica de la zona (los cuales estarán disponibles en la etapa de análisis preliminar de los riesgos).*

3.4 Equipamiento para terreno

- Overoll;
- Guantes;
- Casco;
- Mascarilla;
- Botas;
- Bolsas plásticas para muestreo de suelos y especies de flora
- 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 de la emergencia y contacto en la municipalidad.

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 efectuó una superficie aproximada de 1.000 m², de la cual una parte se encontraba asfaltada (40 m de ancho por 10 de largo).

Después de unas 3 horas se logró contener la mayor parte de los líquidos derramados; para tal efecto se utilizaron diques de tierra y cal. Parte de la sustancia derramada escurrió hacia ambos lados de la línea del tren llegando por el noreste hacia el pavimento y a las plantaciones existentes por el suroeste.

Con el peachímetro se estableció la profundidad de la contaminación con ácido sulfúrico; para tal efecto se realizaron 2 calicatas manuales:

- Centro del derrame: 50 cm;
- Bordes del derrame: < 10 cm.

El volumen de suelos contaminados se estimó de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}} = A * L * \frac{(H_1 + H_2)}{2} = 300 \text{ m}^3$$

Donde: $A = 50 \text{ m}$; $L = 20 \text{ m}$; $H_1 = 0,1 \text{ m}$ y $H_2 = 0,5 \text{ m}$

Por lo tanto, el derrame directo abarcó una superficie aproximada de 1000 m^2 (50 metros de ancho por 20 m de largo) con una profundidad promedio de 30 cm. La zona potencialmente impactada estaría limitada por el canal de regadío (ver croquis adjunto).

Además, hay un volumen de 20 m^3 de cal y 50 m^3 de tierra (utilizada en las acciones de contención). En total, el volumen de suelo contaminado se estimó en aproximadamente 370 m^3 . Estos suelos deben ser depositados en un lugar autorizado.

4.2 Reconocimiento del área potencialmente impactada

Suponemos que el funcionario pudo realizar un reconocimiento del terreno logrando obtener la siguiente información:

Drenaje superficial

Existe una leve pendiente hacia un canal de regadío (3%)

Aguas Superficiales

Existe un canal de riego paralelo a la línea férrea, encontrándose a 10 m hacia el sur de ella. No hay otros cursos de agua cercanos.

Aguas Subterráneas

La dirección de flujo de la napa subterránea es aparentemente hacia el suroeste. En esa dirección hay un pozo de agua potable que se encuentra a más de 1000 m cuyo espejo de agua se encuentra a 15 m.

Otros

- La única casa existente se ubica a 1.000 m hacia el suroeste del lugar del incidente;
- En forma colindante al canal de riego hay un predio de 10 hectáreas de frutales;
- No hay especies en algún grado de conservación en la zona.

4.3 Estratigrafía del Terreno

A partir de un corte natural del terreno se pudo notar que la estratigrafía del terreno:

- Una capa de tierra vegetal 0 - 40 cm
- Arcilla mezclada con gravas 40 – 60 cm
- Gravas > 60 cm

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

4.4 Muestreo Preliminar

El ácido sulfúrico es altamente soluble y puede propagarse en el agua en forma muy rápida. Por esta razón es importante hacer mediciones en terreno de la calidad del suelo y aguas afectadas en forma inmediata (con peachímetro portátil, lo que permite un mayor número de análisis con bajo costo de ejecución).

Las mediciones de pH se efectúan en los siguientes puntos:

- a) Suelos superficiales en el centro del sector directamente impactado;
- b) Suelos superficiales en una distancia de 15 m del centro del derrame (zona donde no se evidencia contaminación);
- c) Suelos superficiales en una distancia de 35 m hacia el suroeste del evento (fuera de la zona impactada);
- d) Suelos de 3 m de profundidad (bajo el área contaminada);
- e) Agua subterránea del pozo de agua potable de la casa;
- f) Aguas superficiales del canal de regadío;
- g) Aguas superficiales del canal de regadío a 500 m aguas abajo del límite del área de impacto directo; y
- h) Muestra de control: aguas del canal de regadío a 100 m aguas arriba del límite del área de impacto directo.

Además, se toman tres muestras para el análisis en laboratorio (Puntos a), d) y f)). En el Capítulo V se describen los criterios, localización de puntos de muestreo y métodos de análisis (ver también Figura V-7).

El funcionario debe registrar las **coordenadas de los puntos de muestreo** con GPS y las indicará en el croquis (ver Figura adjunta). Además, es recomendable 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 se relacionan a la contención y control del derrame (que ya fueron efectuadas por los organismos a cargo de la emergencia):

- Construir pretilos de contención en el área impactada para evitar el escurrimiento de la sustancia al canal de regadío;
- Utilizar materiales adsorbentes como cal o aquellos del tipo gusano;
- Recuperar el producto libre mediante bombeo;
- Remover la tierra contaminada en la zona de impacto directo.

Se deberá informar a los canalistas sobre el accidente para que puedan tomar las precauciones necesarias respecto al uso del curso de agua.

Los suelos contaminados removidos deberán ser analizados y dispuestos en un lugar autorizado, para lo cual se requiere de la autorización por parte del Servicio de Salud. El suelo contaminado deberá ser excavado a una profundidad de sobre 50 cm.

No es necesario esperar la caracterización de los suelos (la sustancia química es conocida); deberían ser retirados lo antes posible. Mientras tanto, es conveniente cubrir las tierras con una lona plástica, para evitar el contacto con lluvias o aguas superficiales. El área debe ser cercada y señalizada para evitar el ingreso de personas.

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 puede afectar la fauna terrestre, y el uso del suelo (en este caso, el agrícola). la seguridad de las personas.

El arrastre de contaminantes con el viento puede afectar a la calidad de aire y seguridad de las personas.

El arrastre por aguas superficiales puede afectar el suelo, la calidad del agua superficial; el uso del suelo, la vegetación, socioeconomía.

La infiltración al subsuelo puede afectar a la calidad y uso del suelo.

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);
- Aire (emanación de gases tóxicos);
- Aguas subterráneas (potencial contaminación de la napa que se encuentra a 20 m)
- Aguas superficiales (potencial contaminación del canal de riego)
- Vegetación y flora terrestre (debido a la acción del ácido en zona de derrame)
- Uso del suelo (agrícola);
- Socioeconomía (efectos sobre cultivos aledaños destinados a comercialización).
- Seguridad de las personas

5.2 Magnitud de la Fuente de Impacto

La magnitud de la fuente de impacto (M) se clasifica como **alto (100 puntos)** debido al volumen de sustancia derramada (ver Capítulo IV).

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 no se encuentra cercano a zonas habitacionales, la vegetación en la zona se encuentra intervenida, y el canal de regadío se encuentra muy cercano, se puede señalar que el riesgo por exposición directa al contaminante es **medio (50 puntos)**, tomando los resguardos para evitar el acceso de personas al sector.

Arrastre con el Viento

La sustancia desprende gases tóxicos que pueden ser arrastrados por el viento. Por lo tanto, se considera de **mediano riesgo (50 puntos)**.

Arrastre con Aguas Superficiales

El ácido derramado es soluble en agua. Además, al estar tan cercano al canal de regadío la probabilidad de que se haya vertido en su curso es muy alta afectando su condición natural. Por lo tanto, la probabilidad de propagación es **alta (100 puntos)**.

Infiltración al Subsuelo

Debido a la estratigrafía de los terrenos en la zona que son de alta permeabilidad y a que la sustancia es soluble en agua, el riesgo de producir un impacto por infiltración es **alto (100 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 que el suelo del ejemplo, presenta una alta permeabilidad asociada a su estratigrafía (suelo natural, gravas y arenas) y además, la sustancia es altamente móvil en el suelo, se considera que la vulnerabilidad es **alta** con lo cual el puntaje asignado es **100**.

Aire

Esta componente se ve afectada fundamentalmente por la emanación de gases tóxicos. Por ello se considera que su vulnerabilidad es **de media a alta**, con lo cual el puntaje asignado es **50**.

Aguas superficiales

Considerando la distancia a la cual se encuentra el canal de regadío del punto donde se produjo el evento (10 m), la vulnerabilidad de la componente es **alta**, con lo cual el puntaje asociado es **100**.

Aguas subterráneas

Para establecer la vulnerabilidad de la componente, para este ejemplo, se debe tener presente que:

- El subsuelo es permeable;
- La napa se encuentra en una profundidad de 15 m; y
- La dirección de la napa es hacia la casa existente a 1 km.

La vulnerabilidad asociada es **media** y el puntaje asociado es **50**.

Vegetación y flora terrestre

Debido al derrame se afectó toda la cubierta vegetal existente en la zona impactada directamente. Considerando que no se intervino a especies con algún grado de

conservación, pero existen cultivos agrícolas que podrían verse afectados la vulnerabilidad de la componente se considera **bajo** (puntaje **10**).

Uso del suelo

En el entorno de la zona del evento existen terrenos eminentemente agrícolas, algunos cubiertos con siembras al momento del derrame. De estar contaminado el terreno en esa zona y/o el agua del canal de regadío se podría causar un impacto sobre el uso del suelo en la zona, que podría afectar al desarrollo de algunos cultivos. Por lo tanto, existe una vulnerabilidad sobre la componente que preliminarmente se puede calificar como **media** (Puntaje **50**).

Socioeconomía

Al existir una potencial contaminación del agua de regadío, o en terrenos cuya producción esta destinada a la venta, puede ser verse afectada la utilidad económica de los agricultores de la zona. Por lo tanto, se considera que la vulnerabilidad de la componente es **media** (Puntaje **50**).

Seguridad de las Personas

Considerando que la sustancia derramada es altamente dañina para la salud humana la vulnerabilidad de esta componente se califica como **alta** (Puntaje **100**).

Otras Componentes

El reconocimiento en terreno permitió descartar o calificar de baja vulnerabilidad a las demás componentes ambientales: Flora y fauna acuática, Fauna terrestre.

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

En cuanto a la priorización de los riesgos ambientales, las componentes en mayor riesgo son los siguientes:

- los suelos en terrenos adyacentes al derrame (o aquellos regados con las aguas del canal);
- agua superficial del canal de regadío, y
- la seguridad de las personas.

En segundo lugar, podría estar impactado el uso agrícola del suelo (sólo si se confirma un impacto sobre la calidad del suelo) y la calidad del aire.

Las mediciones de pH en terreno no indican una contaminación de suelos de mayor profundidad y de los terrenos agrícolas aledaños. No obstante el ácido derramado pudo haber llegado al canal de regadío.

Se recomienda la remoción de los suelos contaminados (> 0,5m); luego, el responsable del accidente deberá efectuar muestreos y análisis del terreno saneado para comprobar la calidad del suelo subyacente.

Finalmente, se propone la observación de los cultivos agrícolas de la zona (que pueden haber sido regados con las aguas del canal).