

## **EJEMPLO 1 (DERRAME DE HIDROCARBURO): VOLCAMIENTO DE UN CAMIÓN CARGADO CON PETRÓLEO.**

### **1 ANTECEDENTES**

Con fecha 1 de mayo (a las 16:00 de la tarde), se produce el volcamiento de un camión de combustibles en el sector rural de la comuna “El Valle”, V Región.

El accidente ocurrió en una ruta pavimentada, que fue construida en una ladera de un cerro (por lo cual tiene un talud aportante de aguas lluvias y un talud de descarga). El volumen de petróleo derramado fue de aproximadamente 20 m<sup>3</sup>.

Existe una casa habitada en una distancia de 150 m sobre la cota del camino y otra casa habitada ubicada a 105 m aguas abajo del incidente. Ambas casas tienen pozos de agua potable.

Al lugar accedieron bomberos, carabineros y un encargado de la municipalidad; se efectuaron medidas de contención del derrame (con tierra); el aceite restante fue bombeado a otro camión y el vehículo fue remolcado.

A las 22:00 horas del día 1 de mayo, el Jefe de Operaciones de la Emergencia da por terminada la “emergencia” propiamente tal; sin embargo, queda una mancha visible de aceite en el suelo y un volumen de unos 100 m<sup>3</sup> de tierra con aceites (usados como absorbente).

Tampoco, se puede descartar un eventual impacto a otras componentes ambientales: aguas, suelos agrícolas, flora y fauna. Por esta razón, se solicita la asesoría técnica al Comité Técnico y/o CONAMA (la cual avisa a los servicios involucrados).

### **2 AVISO DE LA EMERGENCIA**

El día 2 de mayo en la mañana, el personal del SAG de la V Región es notificado de la emergencia.

Considerando el lugar del accidente (rural), el volumen derramado y el hecho que el derrame no fue confinado completamente, es probable que haya un impacto a las componentes ambientales.

Por otra parte, los antecedentes disponibles no permiten descartar la existencia de flora y fauna, ganadería o agricultura, que podría verse afectada. Por lo tanto, el SAG debería participar en la emergencia, para lo cual efectuará una visita a terreno para levantar información preliminar (ver Capítulo II).

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

Tratándose de un derrame de mediana envergadura y con una sustancia conocida, la función del Sr. Soto se limita a recopilar algunos antecedentes generales y a 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

**Petróleo Diesel.** (es suficiente la información de la ficha de sustancias químicas)

Empresa Responsable del transporte	ACME Ltda.
Tipo de sustancia	Petróleo Diesel
Estado físico	Líquido puro
Características físicas de la sustancia:	
Densidad	0,865 kg/L
Volatilidad	Mediana
Solubilidad en agua	5 mg/L
Log Kow	3,5
Log Koc	4
Precauciones de manejo y seguridad	Líquido inflamable
Posibles efectos sobre la salud	s/i
Cantidad de sustancia transportada	30 m <sup>3</sup>
Cantidad de sustancia derramada	20 m <sup>3</sup>

Esta información proviene de la ficha de sustancias químicas (ver Capítulo III).

#### 3.3 Caracterización del Lugar (donde se produjo el evento)

El evento se produjo en la zona de la Cuesta El Derrame, a aproximadamente 5 km al norte de la bifurcación Entre Cruces. En forma paralela a la visita a terreno, el encargado de gabinete (Sr. Pedro Soto) logra reunir la siguiente información sobre el entorno del lugar:

- No existe ninguna localidad o área de abastecimiento de agua potable público dentro de un radio de 1 km;

- No hay suelos con alguna condición de protección (reservas, parque, etc.);
- El nivel de precipitaciones en la zona es del orden de los 300 mm anuales concentrándose entre Junio y Agosto;
- El suelo posee estratos de arcillas permeables;
- Existe un río (río Claro) que pasa a 180 m aguas abajo de la ruta;
- La dirección predominante del viento es hacia el este;
- En la zona no han ocurrido otros eventos de emergencia.

Esta información se obtuvo a través de llamadas a 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;
- 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 la 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 debiera coordinarse con el encargado municipal, 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 camión tenía una capacidad total de 30 m<sup>3</sup>.

El tiempo transcurrido entre la ocurrencia del incidente e implementación de las primeras medidas de contención del derrame fue de 2 horas. En total se logró recuperar unos 10 m<sup>3</sup> de producto libre.

El derrame directo abarcó una superficie aproximada de 50 m<sup>2</sup> (5 metros de ancho por 10 m de largo). El funcionario toma fotos del lugar directamente impactado.

Además, se realizaron 3 calicatas manuales para verificar la profundidad de la contaminación, obteniendo que su avance fue:

- En el centro del derrame: 30 cm;
- En los costados (a más de 10 m): < 10 cm.

Para los efectos del ejemplo, la mancha de aceites tiene *una superficie de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> con una profundidad promedio de 20 cm.*

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

$$V_{\text{máx}} = A * L * \frac{(H_1 + H_2)}{2} = 10 \text{ m}^3$$

*Donde: A = 5 m; L = 10 m; H<sub>1</sub> = 0,3 m y H<sub>2</sub> = 0,10 m*

Finalmente, el encargado confecciona un croquis del sector directamente impactado indicando los hitos más importantes (adjunto).

### 4.2 Reconocimiento del Área Potencialmente Impactada

El funcionario realiza un reconocimiento del terreno; recorre la ladera del cerro (hasta la casa aguas arriba), y el valle aguas abajo del accidente (unos 500 m). Detectando lo siguiente:

### ***Drenaje Superficial***

La pendiente del terreno aguas abajo es de 30 %; la cobertura vegetal es parcial.

### ***Aguas Superficiales***

Aguas abajo, la zona potencialmente impactada limita con un canal de regadío (a una distancia de 200 m).

Existe un pequeño humedal pero se encuentra distante a lugar del incidente (más de 500 m hacia el noreste). No hay indicación de impactos (manchas de aceite, olor de hidrocarburos, etc).

### ***Aguas Subterráneas***

En términos globales, se supone que el flujo de las aguas subterráneas es en dirección hacia el río.

La casa ubicada aguas arriba tiene una noria de poca profundidad (3 m), la cual está siendo alimentada por aguas de vertientes. No hay conexión hidráulica con la napa del valle (está en una cota mayor que el sector del accidente).

La casa ubicada a 105 m aguas abajo del incidente cuenta con un pozo de agua potable cuyo espejo de agua se encuentra a 10 m de profundidad.

### ***Otros***

El dueño de la casa más baja tiene animales bovinos para crianza. No hay especies en algún grado de conservación en la zona.

El encargado confecciona un croquis del área potencialmente impactado, indicando la dirección del drenaje superficial, las pendientes aproximadas y los receptores potenciales.

## **4.3 Estratigrafía del Terreno**

A partir de un corte del terreno (en el mismo camino) se puede inferir la estratigrafía del suelo en la ladera del cerro:

- 0 – 30 cm : arcilla
- 30 – 250 cm: maicillo
- > 250 cm : roca granodiolítica (la profundidad de la roca es variable y aflora en algunos sectores).

En el sector cercano al río, bajo la arcilla existe material aluvial (lo anterior está confirmado por el hecho que el pozo de la casa tiene una buena recarga de agua).

#### 4.4 Muestreo Preliminar

El objetivo del muestreo preliminar es determinar el nivel de hidrocarburos de los suelos contaminados, y verificar hasta donde se propagó. En esta etapa se toman pocas muestras (< 5 muestras), ningún control y se analiza por parámetro indicador: hidrocarburos totales.

El funcionario efectúa un muestreo preliminar en los siguientes puntos, utilizando el método en gradiente (en dirección del drenaje de aguas superficiales):

- a) Muestra compuesta de suelo superficial, dentro del sector impactado;
- b) Muestra superficial de suelo en una distancia de unos 20 m de la mancha (aguas abajo);
- c) Suelos superficiales, en el potrero de la casa ubicada aguas abajo (en una distancia de 100 m);
- d) Suelos superficiales, en el borde del canal de regadío<sup>1</sup>;
- e) Muestra de agua en la orilla del río Claro.

Es posible tomar duplicados, que serán analizados solo en aquellos puntos que arrojan niveles significativos de hidrocarburos totales.

El funcionario toma las **coordenadas de los puntos de muestreo** con GPS y las indicará en el croquis (ver Figura adjunta). Además, toma 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

Los suelos contaminados y la tierra utilizada para contener el derrame en el área directamente impactada deberán ser analizados y dispuestos en un lugar autorizado. El suelo contaminado deberá ser excavado a una profundidad de 50 cm aproximadamente. La disposición de los suelos requiere la autorización por parte del Servicio de Salud.

Ya que la caracterización del suelo demorará algún tiempo (aproximadamente 2 semanas), es conveniente acopiar las tierras en el mismo sector y cubrirlas con una

---

<sup>1</sup> Es posible tomar más muestras de suelo, las cuales se analizarían sólo si las muestras más cercanas al derrame presentan niveles de hidrocarburos totales relevantes (sobre 100 mg/L)

lona plástica, para evitar contacto con lluvias o aguas superficiales. El área debe ser cercada y señalizada para evitar el ingreso de personas.

El SAG informa a los canalistas sobre el accidente para que no utilicen el agua del río para la bebida de animales por dos días (en el caso de sospecha de algún grado de contaminación). Dado que no hay indicios de una contaminación mayor del canal, no se toma ninguna otra medida.

## **5 ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS RIESGOS AMBIENTALES**

El riesgo se define como la probabilidad que una sustancia o situación produzca un efecto adverso para algún elemento sensible, a lo humano o ambiental, bajo determinadas condiciones de contacto.

La metodología de análisis preliminar de riesgos propuesta tiene cuatro elementos principales:

- Identificación de la fuente del peligro;
- Probabilidad de la propagación (por exposición directa, a través del aire, agua superficial o subterránea, etc.);
- Vulnerabilidad del medio receptor;
- Priorización del riesgo.

En el Capítulo IV del Manual se presenta la metodología de análisis propuesto.

### **5.1 Relación Fuente v/s Medio Receptor**

Las componentes ambientales que podrían verse afectadas por el derrame son las siguientes:

- Suelo: debido a la infiltración, arrastre con aguas lluvia y/o el viento;
- Aire: por la emanación de olores;
- Aguas subterráneas: contaminación del pozo de agua potable de la casa 1, debido a la infiltración de contaminantes al suelo;
- Aguas superficiales: contaminación del río Claro, debido al arrastre de contaminantes con el viento o aguas lluvia;
- Vegetación y flora terrestre: debido al retiro de capa vegetal en zona de derrame, o la contaminación por el arrastre con aguas superficiales;
- Fauna terrestre: potencial existencia de reptiles y animales rastreros;
- Usos del suelo: agricultura, ganadería, habitacional, industrial u otro (por ej. turístico);
- Seguridad de las personas.

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

La exposición directa puede afectar a los cultivos agrícolas (ganado), vegetación y flora terrestre, fauna terrestre, la seguridad de las personas y a los respectivos usos de suelo.

El uso de suelo más crítico es el ganadero (en el potrero de la Casa 1), considerado dentro del medio humano o calidad de vida.

El arrastre de contaminantes con el viento puede afectar a la calidad de aire, aguas superficiales, suelos, vegetación, flora y fauna terrestre y los respectivos usos de suelo;

El arrastre de contaminantes con aguas superficiales puede afectar el suelo, agua superficial y subterránea, flora y fauna terrestre, los usos de suelo, paisaje y estética, socioeconomía y seguridad de las personas.

La infiltración al subsuelo puede afectar al suelo, agua subterránea, flora y fauna terrestre, los usos de suelo, paisaje y estética, y seguridad de las personas

En la Tabla 1 se establece si existe o no una relación entre fuente de impacto y componente ambiental, indicando el valor 0 sino existe relación o 1 en caso contrario.

## 5.2 Magnitud de la Fuente de Impacto

La magnitud de la fuente de impacto se clasifica como **media (50 puntos)**: debido a que el volumen derramada se encuentra es *de 20 m<sup>3</sup> 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 a 1 km está ubicado a de la localidad mas cercana, no existen especies en el área directamente impactada y su uso del suelo no es residencial, ni industrial o agrícola, se puede señalar que el riesgo por exposición directa al contaminante es **bajo (10 puntos)**, tomando los resguardos para evitar el acceso de personas durante el período de limpieza.

Además, una vez retirado el suelo contaminado, la exposición directa por inhalación, ingestión o absorción por la piel es muy baja<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> La ingestión de contaminantes a través del consumo de la carne bovina no es una exposición directa; primero se debe analizar la probabilidad de una propagación vía aguas superficiales hacia el potrero.



### ***Arrastre con el Viento***

El producto libre petróleo diesel no se propaga por el aire; el arrastre de algunos de sus compuestos volátiles se considera poco significativo y de **baja** probabilidad (**10 puntos**).

### ***Arrastre con Aguas Superficiales***

El área directamente impactada es receptora de las aguas superficiales que fluyen por la ladera y la pendiente de terreno aguas abajo muy fuerte, por lo cual la probabilidad de propagación es **alta (100 puntos)** ver Figura IV-9 del Capítulo IV. Además, se observan cárcavas en el entorno y poca vegetación, validando la calificación otorgada.

### ***Infiltración al Subsuelo***

Debido a la estratigrafía de los terrenos en la zona (estrato superficial de arcilla de baja permeabilidad, y luego una capa de maicillo sobre roca granodiolítica) es **medianamente** probable la propagación por esta vía (**50 puntos**, ver también Figura IV-10, Capítulo IV).

## **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 1).

### ***Suelo***

Teniendo presente que el suelo del ejemplo, presenta un estrato de arcilla, maicillo y roca granodiolítica con una permeabilidad media a baja, y que la sustancia es medianamente afín al suelo, se considera que la vulnerabilidad es **media** con lo cual el puntaje asignado es **50**. No obstante, los suelos del terreno aguas abajo del camino están siendo utilizados principalmente para la ganadería.

Por lo tanto, la vulnerabilidad de la componente es **alta (100 puntos)**.

### ***Aire***

Esta componente se ve afectada fundamentalmente por la emanación de olores. Por ello se considera que su vulnerabilidad es **baja (10 puntos)**.

### ***Aguas superficiales***

Considerando la distancia a la cual se encuentra el río Claro del punto donde se produjo el evento (200 m), y que su curso es utilizado como agua de regadío, la vulnerabilidad de la componente es **mediana (50 puntos)**.

### ***Aguas subterráneas***

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

- La dirección de la napa es hacia el río Claro y que su recarga se realizaría cerro arriba;
- La existencia de pozos de agua potable, cercanos al lugar del evento. En particular el pozo 1 que podría ser afectado por encontrarse aguas abajo en la dirección de la napa (el pozo 2 no debería verse afectado pues su nivel estático es más alto que en el pozo 1 y su recarga debería provenir cerro arriba).

Por lo tanto, la vulnerabilidad del acuífero del valle aluvial es **mediana (50 puntos)**.

### ***Uso del suelo***

En el predio de la casa 1 hay un potrero para la crianza de ganado, el cual se encuentra aguas abajo del área directamente afectada por el derrame (aprox. 50 m).

De estar contaminados los suelos del potrero, el agua del pozo o canal de regadío, se afectaría a la agricultura y ganadería desarrollada en él. Por lo tanto, existe una vulnerabilidad sobre la componente que preliminarmente se puede calificar como **alta (puntaje 100)**.

### ***Otras Componentes***

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

- Fauna terrestre
- Vegetación y flora terrestre
- Flora y fauna acuática
- 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 cubica 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**

El suelo contaminado proveniente del área directamente impactada debe ser excavado, retirado y dispuesto en un lugar autorizado.

En cuanto a la propagación de la contaminación, los riesgos ambientales más relevantes son los siguientes:

- Deterioro de la calidad de los suelos del potrero (en el predio perteneciente a la casa 1); y
- Efectos adversos sobre la actividad ganadera en el terreno adyacente.

Los resultados de análisis de hidrocarburos totales confirman la presencia de contaminación en los puntos: A (150.000 mg/L), B (4320 mg/L) y C (220 mg/L).

Existe un riesgo de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (rio Claro). Sin embargo, los resultados del monitoreo preliminar permiten descartar una contaminación en estos sectores (D y E): < 10 mg/L.

El SAG solicitará al responsable del accidente un muestreo simple de suelos del potrero, con una distribución sistemática (ver Capítulo V). Mientras tanto, los animales pastorean en un potrero de un vecino. El responsable del accidente pagará el talaje.

Además, deberá proponer una solución de tratamiento o disposición final de las tierras contaminadas:

- Tratamiento biológico;
- Estabilización físico-química;
- Disposición final en un lugar autorizado (para residuos peligrosos);

Otros tratamientos están descritos en el Capítulo VII.