

CAPITULO III

IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS INVOLUCRADAS

INDICE

	Pág.
1 IDENTIFICACION DE LAS SUSTANCIAS INVOLUCRADAS	2
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.2 ETIQUETADO	3
1.2.1 Identificación de Materiales Peligrosos DOT/CANUTEC	3
1.2.2 Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos de Naciones Unidas (NU).....	4
1.2.3 Sistema Estandarizado para la Identificación de Riesgo de Incendio de Materiales Peligrosos (NFPA 704).....	5
1.2.4 Sistema MISH.....	5
1.3 HOJA DE SEGURIDAD.....	6
1.4 OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN	7
2 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS RELEVANTES	10
2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PRODUCTO.....	10
2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y TOXICIDAD DEL PRODUCTO (O COMPUESTO).....	12
2.2.1 Corrosividad.....	12
2.2.2 Reactividad	13
2.2.3 Persistencia	13
2.2.4 Toxicidad.....	13
2.2.5 Bioconcentración, Bioacumulación y Biomagnificación.....	14
2.3 INDICADORES AMBIENTALES	15
3 MOVILIDAD DE LOS CONTAMINANTES (PROCESOS DE TRANSPORTE).....	17
3.1 SOLUBILIDAD EN AGUA	17
3.2 CONSTANTE DE LA LEY DE HENRY (H)	19
3.3 COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL/AGUA (KOW)	20
3.4 COEFICIENTE DE PARTICIÓN DE CARBONO ORGÁNICO (KOC).....	20
3.5 COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL-AIRE (KOA)	21
3.6 ÍNDICE DE LIXIVIACIÓN	22
3.7 FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN (FBC)	24
4 COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS INVOLUCRADAS EN LOS EVENTOS MÁS RECURRENTES	25
4.1 DERRAME DE HIDROCARBUROS Y DERIVADOS DE PETRÓLEO	25
4.1.1 Hidrocarburos y Derivados del Petróleo	25
4.2 DERRAMES DE ÁCIDOS Y BÁSICOS CORROSIVOS	27
4.2.1 Ácido Sulfúrico.....	27
4.2.2 Soda Caústica	28
4.3 PLAGUICIDAS Y PESTICIDAS.....	29

4.3.1	<i>Compuestos Principales</i>	30
4.3.2	<i>Persistencia</i>	31
4.3.3	<i>Movilidad en el Medio Ambiente</i>	31
4.3.4	<i>Toxicidad/Ecotoxicidad</i>	32
4.4	DERRAME DE RELAVES O CONCENTRADOS DE MINERAL	32
4.4.1	<i>Lugar de Generación</i>	32
4.4.2	<i>Contaminantes Principales</i>	32
4.4.3	<i>Metales Pesados</i>	33
4.4.4	<i>Cianuro</i>	35
4.4.5	<i>Otros</i>	36
4.5	DERRAMES DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS	37
4.6	INCENDIO DE BODEGAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS	37
4.6.1	<i>Dioxinas y Furanos (PCDD y PCDF)</i>	37
4.6.2	<i>Cenizas</i>	39
4.6.3	<i>Otros</i>	39
4.7	DERRAME DE LIXIVIADOS EN RELLENOS SANITARIOS	39
4.7.1	<i>Fenoles</i>	41
5	FUENTES DE INFORMACIÓN	42

CAPITULO III

IDENTIFICACION DE LAS SUSTANCIAS QUIMICAS INVOLUCRADAS

El presente Capítulo tiene por objetivo orientar al funcionario en la identificación de las sustancias químicas involucradas en una emergencia ambiental, además de proporcionar información necesaria para la evaluación de los riesgos e impactos ambientales (ver Capítulo IV). Nuevamente son relevantes los siguientes aspectos:

- La composición del producto químico;
- La movilidad del contaminante; y
- Su efecto sobre el medio receptor.

Para ello se entregan algunos conceptos generales de la nomenclatura, la clasificación según la normativa vigente, las propiedades físicas y químicas de las sustancias químicas (ver punto 2). **En cuanto a las Bases de Datos y Guías generales disponibles sobre la materia es importante recordar que son referenciales y de mono-productos.**

Por esta razón se entregan también antecedentes específicos acerca de las propiedades de algunos productos o sustancias químicas, involucradas en la mayoría de los eventos de emergencias ambientales (ver punto 4).

1 IDENTIFICACION DE LAS SUSTANCIAS INVOLUCRADAS

Debido a la necesidad permanente de información sobre el manejo de un material peligroso - sea en el almacenamiento, transporte, ambiente laboral, medio ambiente y salud humana -, se han desarrollado varios sistemas de identificación de materiales peligrosos. Aún cuando tengan diferentes ámbitos de aplicación (en general relacionados con los riesgos de explosión, incendio o peligro para la salud), ayudan a que los funcionarios encargados de la emergencia ambiental puedan orientarse sobre la naturaleza de un producto químico, los contaminantes involucrados y las medidas de protección personal a tomar en el momento de efectuar la visita a terreno.

La etiqueta es, en general, la primera información que recibe el usuario y es la que permite identificar el producto en el momento de su utilización. Todo recipiente que contenga un producto químico peligroso debe llevar, obligatoriamente, una etiqueta bien visible en su envase o medio de transporte.

La hoja de seguridad es otra fuente de información, que debe acompañar el producto químico en el almacenamiento y transporte.

1.1 Consideraciones Generales

De acuerdo a lo indicado en la NCh 382. Of 98¹, ***“las sustancias peligrosas se clasifican atendiendo a los riesgos más significativos que encierran fundamentalmente las actividades de transporte, además actividades de manipulación y almacenamiento relativos al transporte”***.

Las sustancias peligrosas se clasifican, en **clases** y éstas, a su vez pueden clasificarse en **divisiones**. Una sustancia peligrosa puede presentar más de un riesgo distinto a la vez, pero su ubicación en la Clase que corresponda estará determinada según su riesgo mayor. Las clases y divisiones se encuentran detalladas en la Tabla III-1.

Por otra parte, el conjunto de normas NCh 2120/1 a la NCh 2120/9 proporcionan información específica de cada una de las clases de sustancias indicada en la Tabla III-1 en base a lo indicado en el documento *Transporte de Mercancías Peligrosas y Recomendaciones preparadas por el comité de expertos de las Naciones Unidas en transporte de mercaderías peligrosas* (1994) y en las disposiciones del *Código Marítimo Internacional de Mercaderías Peligrosas* (IMDG, 1996).

Cada una de estas normas incluye las disposiciones especiales relativas a las sustancias y al tipo de embalaje requerido y un listado de las sustancias químicas que pertenecen a cada clase y a cada división. Los datos indicados en los listados son:

¹ La elaboración de la norma considera las Recomendaciones preparadas por el comité de expertos de las Naciones Unidas para el transporte de mercancías peligrosas (1994) y la Guía Norteamericana de respuesta en caso de emergencia GRENA 1996.

- Nombre de la sustancia;
- Número de referencia (N.U.) otorgado por los expertos de las Naciones Unidas;
- Cifra que indica clase de riesgo y la división dentro de la clase;
- Cifra que indica la clase y/o división de riesgo secundario, adicional al riesgo principal;
- Cifra referida a disposición especial aplicable a la sustancia y respecto a la seguridad de las operaciones;
- Clave alfa-numérica que indica el método específico de embalaje y envasado.

Los listados de las sustancias químicas por clase y sus disposiciones especiales se encuentran en el Anexo D.

1.2 Etiquetado

Lo que identifica a un material en un contenedor es su etiqueta, la que puede ser un número en un rombo, un rombo dividido en cuatro rombos de diferentes colores, o sólo un rombo con una imagen y una leyenda. Los etiquetados más comunes son:

- NU (Organización de las Naciones Unidas)
- DOT (Department of Transport = Departamento de Transporte de los Estados Unidos)
- CANUTEC de Canadá (Centro Canadiense de Emergencias en el Transporte)
- NFPA (National Fire Protection Association = Asociación Nacional de Protección Contra Incendio de Estados Unidos, específicamente NFPA 704).
- MISH (Material Identification Safety Hazardous).

La identificación de materiales peligrosos utilizada en Chile (según Norma Chilena NCh2190) está basada en el sistema de clasificación de las Naciones Unidas. A continuación se entrega una breve descripción de los sistemas de clasificación más conocidos, y que podrían encontrarse en las etiquetas de contenedores o envases importados.

1.2.1 Identificación de Materiales Peligrosos DOT/CANUTEC

La administración del transporte de materiales peligrosos del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) regula más de 1400 materiales peligrosos. Las regulaciones exigen etiquetas en recipientes pequeños y placas en tanques y remolques. Las etiquetas y placas indican la naturaleza del peligro que presenta la carga. La clasificación usada en estas señales se basa en las diferentes clases de peligros definidas por los expertos de las Naciones Unidas.

El número de la clase de peligro de las sustancias se encuentra en la esquina o vértice inferior de la placa o etiqueta.

1.2.2 Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos de Naciones Unidas (NU)

El sistema de identificación de las Naciones Unidas concuerda con la clasificación efectuada por la DOT y CANUTEC de Canadá, especialmente por la clasificación, y colores empleados en las etiquetas, no así por el número visible. La clasificación elaborada se realiza según el riesgo en:

- Explosivos;
- Gases;
- Líquidos inflamables;
- Sólidos inflamables;
- Oxidantes;
- Venenosos;
- Radiactivos;
- Corrosivos;
- Otros

El sistema emplea las siguientes tres clasificaciones:

- NU que significa Naciones Unidas
- CAS es otro código de una organización, que tiene registros de muchos productos químicos y que es muy útil en emergencias
- CAT muy importante para el personal de planta, debido a que le señala el número de catalogo donde puede encontrar información de la sustancia

El número define el compuesto del que se trata y a la vez alude a los procedimientos operativos en casos de emergencia. Este número procede de la tabla de materiales peligrosos de las regulaciones del DOT, 49 CFR 172.101. El número de identificación (ID/NU) debe ser escrito también en los documentos de embarque o manifiestos de carga. Una vez obtenido el número, se puede consultar la Guía de respuesta inicial a la emergencia del DOT de Estados Unidos o del CANUTEC de Canadá. Estas guías describen los métodos apropiados y las precauciones para reaccionar ante el escape de un material peligroso con un número de ID/NU.

El sistema de DOT/CANUTEC va un paso más adelante con respecto al sistema NFPA, ayudando al personal de respuesta. Sin embargo, el usar los dos sistemas cuando se responde a un accidente con materiales peligrosos ayudará a identificar y caracterizar correctamente las sustancias involucradas.

1.2.3 Sistema Estandarizado para la Identificación de Riesgo de Incendio de Materiales Peligrosos (NFPA 704)

El sistema de información NFPA 704, se basa en el "rombo de la 704" el que se encuentra dividido en 4 rombos de colores, a través de los cuales se representa el riesgo atribuido a la sustancia:

- Riesgo a la salud;
- Riesgo de fuego;
- Riesgo por reactividad;
- Riesgo especial: oxidante, alcalino, no usar agua.

El rombo está pensado para ofrecer una información inmediata incluso a costa de cierta precisión y no hay que ver en él más de lo que estrictamente indica. El riesgo a la salud, inflamabilidad y reactividad están identificados y clasificados en una escala de 0 a 4 dependiendo del grado de peligro que presenten. Estos son:

- 0 material normal
- 1 ligeramente peligroso
- 2 peligroso
- 3 extremadamente peligroso
- 4 fatal

El nivel de gravedad del riesgo va desde 1 al 4, es decir, desde normal estable o sin riesgo hasta peligroso, inestable y fatal.

Este sistema se emplea preferentemente para estanques de almacenaje y recipientes pequeños (instalaciones permanentes).

Las clasificaciones de productos químicos individuales se pueden encontrar en la Guía para materiales peligrosos de la NFPA. Tal información puede ser útil, no sólo en emergencias sino también durante las actividades de atención a largo plazo cuando se requiere caracterizar la evaluación.

1.2.4 Sistema MISH

El sistema de clasificación de materiales MISH al igual que el de NFPA 704 asigna un número del tipo de riesgo del 1 al 4 y su clasificación es común en lo que se refiere al riesgo a la salud, fuego y reactividad.

1.3 Hoja de Seguridad

La Hoja de Seguridad (en adelante HDS) es también una importante fuente de información que complementa los antecedentes indicados en la etiqueta. La norma NCh2245/93 establece los contenidos y disposición de los temas en las hojas de seguridad, basándose en el proyecto ISO/DIS 11014 “*Safety data sheet of chemicals products- Content and order of section*”.

Sus objetivos son los siguientes:

- Proporcionar datos que permitan identificar el producto y al responsable de su comercialización, así como un número de teléfono donde efectuar consultas de emergencia;
- Informar sobre los riesgos y peligros del producto respecto a inflamabilidad, estabilidad y reactividad, toxicidad, posibles lesiones o daños por inhalación, ingestión o contacto dérmico, primeros auxilios y ecotoxicidad;
- Informar al usuario del producto sobre comportamiento y características del producto, correcta utilización (manipulación, almacenamiento, eliminación, etc.), controles de exposición, medios de protección (individual o colectiva) a utilizar en el caso de que el control no fuera del todo eficaz o en caso de emergencia, actuaciones a realizar en caso de accidente tales como el uso de extintores adecuados contra incendio, el control y neutralización de derrames, etc.

Esta hoja debe facilitarse obligatoriamente con la primera entrega de un producto químico peligroso y se compone de 16 secciones:

1. Identificación del producto químico;
2. Composición/información sobre ingredientes;
3. Información sobre los riesgos;
4. Medidas de primeros auxilios
5. Medidas para el combate del fuego
6. Medidas para controlar derrames o fugas
7. Manipulación y almacenamiento
8. Control de exposición/protección personal
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecológica
13. Consideraciones sobre disposición final
14. Información sobre transporte
15. Información reglamentaria
16. Otras informaciones

En el Anexo E, se presenta un formato tipo de HDS de acuerdo a lo indicado en la NCh2245/93.

En la sección “identificación del producto químico” se debe incluir el nombre del producto químico estándar, el código del producto aplicable empleado por el proveedor, nombre, dirección y teléfono del proveedor, número del teléfono de emergencia que usa el proveedor, número del fax del proveedor.

En la sección “información sobre producto e ingredientes” se debe indicar si el producto es una sustancia o una preparación. Dependiendo si es lo uno o lo otro aparecerá el nombre químico estándar (IUPAC) de las sustancias, los ingredientes que contribuyen al riesgo, el número CAS, número NU (o UN), naturaleza del riesgo, etc.

1.4 Otras Fuentes de Información

Generalmente, los relaves y concentrados de mineral están caracterizados por razones operacionales.

En rellenos sanitarios, instalaciones para el manejo, tratamiento o la disposición de residuos industriales debería existir un registro de los tipos y cantidades de residuos recepcionados.

Asimismo, en el transporte de los residuos sólidos industriales debería haber como mínimo una guía de despacho, junto con hojas de seguridad del producto y autorización del Servicio de Salud.

(insertar Tabla III-1)

2 PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS RELEVANTES

El análisis de riesgos de una emergencia ambiental parte de la evaluación del potencial migratorio y contaminante del producto químico involucrado. En general, los compuestos que presentan el mayor riesgo para el medio ambiente son sustancias altamente volátiles, solubles, persistentes, bio-acumulables y/o tóxicas. Por esta razón es de suma importancia tener presente las propiedades físicas, químicas de un producto y de sus principales compuestos.

A su vez la información sobre las características físicas de una sustancia facilita la identificación, cuantificación y el diseño de un programa de monitoreo (ver Capítulo V).

2.1 Características Físicas del Producto

Para poder evaluar los riesgos o eventuales impactos ambientales de una sustancia química, es necesario considerar que ésta puede estar presente en diferentes fases: fase “libre” (producto puro), disuelta o volátil. Un compuesto insoluble y con una mayor densidad que el agua se encontrará al fondo de un cuerpo de agua, mientras que los compuestos ligeros flotan o se volatilizan.

Parte de esta información se encuentra detallada en la HDS de las sustancias almacenadas o transportadas, entre otras:

- Estado físico estándar;
- Forma en que se presenta;
- Color estándar; y
- Olor estándar.

Las otras características físicas del producto son las siguientes:

- **pH (*sin dimensiones*)**: es un valor que representa la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. El agua pura tiene un pH de 7. Un valor pH bajo 7 indica una solución ácida (un pH de 1 indica una solución extremadamente ácida). Un valor de pH superior a 7 indica una solución alcalina (un pH de 14 es extremadamente alcalino). Los ácidos y los álcalis (bases) son calificados comúnmente como materiales corrosivos.
- **Peso molecular (*g/gmol o g/mol*)**: corresponde a la sumatoria de los pesos atómicos de los elementos que conforman la molécula.
- **Densidad (*en kg/L o ton/m³*)**: es la masa de una sustancia por unidad de volumen. Los hidrocarburos líquidos son en general menos densos que el agua, aproximándose su densidad a la de ésta en la medida que el producto es menos volátil (productos pesados, como el Fuel-Oil y los asfaltos).

Los vapores provenientes de los hidrocarburos líquidos son más pesados que el aire, aumentando también su densidad a medida que el producto es menos volátil.

- **Solubilidad (mg/L):** capacidad de una sustancia para disolverse en agua. Es la característica química más importante usada para asegurar: movilidad química, estabilidad química, acumulación química, bioacumulación química y sorción química, en el ambiente.
- **Presión de Vapor (mm Hg):** es la presión a la cual un líquido y su vapor están en equilibrio a una determinada temperatura. Los líquidos con presiones de vapor más altas evaporan más rápidamente.
- **Densidad de Vapor (en mg/L):** es el peso de un volumen de vapor o gas puro (sin aire presente) comparado con el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión. Una densidad de vapor menor a 1 (uno) indica que el vapor es más ligero que el aire y que tenderá a elevarse. Una densidad de vapor mayor a 1 (uno) indica que el vapor es más pesado que el aire y tenderá a descender hacia el suelo.
- **Punto de Ebullición (en °C):** Es la temperatura en la cual la presión de vapor de un líquido es igual a 1 atm.
- **Punto de Autoignición (en °C):** Es la temperatura mínima a la que el producto líquido produce vapores en concentraciones tales que pueden inflamarse en contacto con una fuente de ignición (llama, chispas, etc.). Cuanto menor sea el punto de inflamación de un producto, más inflamable y por ende más peligroso será éste.

Las normas de la N.F.P.A. (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, de los EE.UU) clasifican a los líquidos en inflamables (punto de inflamación menor a 38°C, pueden inflamarse a temperatura ambiente) y combustibles (punto de inflamación superior a 38°C, requieren calentamiento previo para prenderse fuego).

- **Punto de Inflamación (en °C):** La temperatura más baja a la cual un líquido o sólido desprende vapor en tal concentración, que cuando el vapor se combina con el aire cerca de la superficie del líquido o del sólido, se forma una mezcla inflamable. Por lo tanto, entre más bajo es el punto de inflamación, más inflamable es el producto.
- **Propiedades Explosivas:** Rango de concentraciones comprendido entre el límite inferior y el límite superior de inflamabilidad. Dentro de estos límites (expresados como porcentaje en volumen de vapores en el aire), una mezcla de aire con gas, vapor o polvo inflamable puede entrar en combustión o explotar.

Cuanto mayor sea el rango explosivo, más peligroso es el producto desde el punto de vista del riesgo de incendio y explosión. Los hidrocarburos líquidos tienen rangos relativamente estrechos, aproximadamente del 1 al 8 %.

2.2 Características Químicas y Toxicidad del Producto (o Compuesto)

El evaluador debe proceder a identificar los compuestos contaminantes más relevantes, basado en su concentración, características químicas y potencial contaminante (peligrosidad). Entre otros, se consideran las siguientes características:

- Corrosividad;
- Reactividad;
- Persistencia;
- Toxicidad;
- Bioacumulación; y
- Efectos adversos sobre la salud o el medio ambiente.

Estos se describen a continuación.

2.2.1 Corrosividad

Los gases, líquidos y sólidos pueden presentar propiedades corrosivas que son peligrosas. Las sustancias químicas corrosivas pueden quemar, irritar o destruir los tejidos vivos. Cuando se inhala o ingiere una sustancia corrosiva, se ven afectados los tejidos del pulmón y estómago.

- **Gases corrosivos** - se absorben fácilmente por el cuerpo a través de la piel en contacto y por inhalación.
- **Líquidos corrosivos** - se utilizan frecuentemente en el laboratorio y son, en gran medida, causa de lesiones corporales externas.
- **Sólidos corrosivos** - producen lesiones retardadas. Debido a que los sólidos se disuelven fácilmente en la humedad de la piel y del aparato respiratorio, los efectos de los sólidos corrosivos dependen en gran medida de la duración del contacto.

Los materiales con propiedades corrosivas pueden ser ácidos (pH bajo) o básicos (pH elevados).

Algunos ejemplos de sustancias corrosivas son: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, hidróxido sódico (soda cáustica), hidróxido de potasio.

2.2.2 Reactividad

Se distinguen las siguientes reacciones:

- **Explosivos:** Los materiales explosivos son sustancias químicas que producen una liberación repentina, casi instantánea, de una cantidad grande o pequeña de gases a presión y calor cuando se golpean, se someten a presión o a elevada temperatura. Bajo ciertas condiciones de choque, temperatura o reacción química, algunas sustancias pueden explotar violentamente. Algunos ejemplos: oxígeno, amoníaco, hidrógeno, azida, compuestos nitrogenados, halógenos, perclorados.
- **Oxidantes:** Un agente oxidante es una sustancia química utilizada para generar el oxígeno necesario para una reacción química. Las sustancias oxidantes desprenden oxígeno espontáneamente a temperatura ambiente o a temperaturas ligeramente superiores y pueden explotar violentamente cuando se calientan o sufren un golpe. También pueden reaccionar cuando entran en contacto con sustancias orgánicas. Tienen diferentes grados de inestabilidad química y, por tanto, representan una amenaza de riesgo de accidentes muy particular. Ejemplos de sustancias oxidantes son el ácido nítrico, peróxidos, etc.

2.2.3 Persistencia

Característica de las sustancias que les permite resistir a la degradación fotoquímica, biológica, y/o química, por lo cual su vida media en el ambiente es muy elevada y pueden permanecer en él por periodos prolongados.

Cuanto más persistente sea una sustancia, mayor será su peligrosidad, ya que aumentan las probabilidades de que se movilice en el ambiente y de que interactúe con los seres vivos antes de degradarse. Además, en la contaminación ambiental por sustancias muy persistentes, las medidas correctivas tardarán muchos años en dar resultados. Ejemplo de ello son el DDT, aldrin, dioxinas y furanos, etc.

2.2.4 Toxicidad

La toxicidad se define como la capacidad de una sustancia para producir daños en los tejidos vivos, lesiones en el sistema nervioso central, enfermedad grave o, en casos extremos, la muerte cuando se ingiere, inhala o se absorbe a través de la piel.

La administración de una dosis particular de una sustancia química a un animal de laboratorio, y la subsiguiente respuesta, pueden ayudar a predecir que dicho compuesto químico tendrá efectos tóxicos en el ser humano. La relación entre dosis-respuesta se representa en una curva que demuestra que no todos los individuos responden de la misma manera a una dosis particular. Algunos individuos serán más sensibles que otros,

y una dosis específica puede ser letal para unos pero no para otros. De este modo, la toxicidad es un VALOR PROMEDIO.

- **DL50 - Dosis Letal 50, o DL50:** punto de la curva en el que, ha muerto el 50% de los animales de laboratorio, como resultado de la administración de una dosis concreta de una sustancia química particular .

Según la potencia tóxica de una sustancia se distingue (bajo condiciones experimentales):

- Toxicidad aguda : se le denomina a la que resulta de una exposición de muy corto plazo a una sustancia química (24, 48, 96 horas);
 - Toxicidad crónica: resulta de una exposición al material de mediano a largo plazo (2-4 años, la vida de un animal, 2-3 generaciones);
 - Toxicidad subaguda: resulta de una exposición de corto plazo a una sustancia química (3-6 meses).
- **Ecotoxicidad:** consecuencia de la acción originada por la sustancia sobre los seres vivos que forman los ecosistemas, enfocada a determinar el impacto ecológico que produce, ya que muchas sustancias no tienen efecto sobre los organismos individualmente hablando, pero su consecuencia ecológica es digna de tenerse en cuenta.
 - **Venenos:** Una sustancia venenosa es aquella que en pequeñas cantidades produce la muerte o lesiones graves en caso de inhalación, ingestión o contacto con la piel. Una sustancia puede ser venenosa o no dependiendo de la cantidad, (por ejemplo, un poco de cianuro o una gran cantidad de pasta de dientes).

2.2.5 Bioconcentración, Bioacumulación y Biomagnificación

- **Bioconcentración.** Sustancias que tienen más afinidad con tejidos de organismos que con el agua, por lo que pueden alcanzar concentraciones más elevadas en organismos que en agua. Esta capacidad se conoce como bioconcentración y depende, fundamentalmente, de algunas propiedades fisicoquímicas de la sustancia como la solubilidad en agua.
- **Bioacumulación.** Cuando la concentración de una sustancia aumenta en el organismo expuesto en función del tiempo. Por ejemplo, cuando la concentración de una sustancia es más alta en los peces adultos que en los jóvenes del mismo sitio, se dice que hay bioacumulación. Esta capacidad también depende principalmente de las características fisicoquímicas y bioquímicas del compuesto, como solubilidad en agua y velocidad de eliminación.

- **Biomagnificación.** Algunas sustancias pueden concentrarse sucesivamente en cada eslabón de la cadena trófica. Es decir, en los organismos que están al final de dichas cadenas, como las aves rapaces, la concentración de la sustancia es más elevada que en los organismos de la base, como el plancton. Este proceso se conoce como biomagnificación y es de gran importancia para el comportamiento ambiental y los efectos indeseables de los contaminantes persistentes, en especial, para los organismos de los niveles tróficos elevados. Algunos grupos de plaguicidas y ciertas sustancias xenobióticas de uso industrial, como los PCB, son ejemplos típicos de este fenómeno.

2.3 Indicadores Ambientales

Para medir el impacto que ejerce una sustancia química en el medio ambiente, se utilizan indicadores ambientales los que se basan en las características fisicoquímicas de las sustancias y en las condiciones del medio ambiente.

Los indicadores son parámetros (por ejemplo, una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (por ejemplo modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables.

Entre los diferentes tipos de indicadores se tienen:

- Indicadores geológicos y geomorfológicos;
- Indicadores hídricos
- Indicadores edáficos;
- Indicadores climáticos;
- Indicadores fisicoquímicos;
- Indicadores bacteriológicos;etc.

Entre los parámetros que son indicadores de las condiciones fisicoquímicas del agua, aire y suelo se tienen

- Temperatura
- Color
- Turbidez
- Conductividad
- Salinidad
- pH
- Transparencia
- Iones
- Nutrientes
- Gases disueltos

- DBO
- DQO
- Sólidos Disueltos, suspendidos, disueltos y totales
- Oxígeno disuelto
- Metales (Fe, Hg, Mg, Cu, Al, Pb)
- Nutrientes
- Fenoles
- Aceites y grasas
- Detergentes
- Acido sulfídrico
- Nitrógeno total
- Pesticidas

Entre los indicadores bacteriológicos más comunes se encuentran los coliformes fecales y totales.

La selección de los parámetros a utilizar en la evaluación debe basarse en la naturaleza de la emergencia, así como también en las características locales de la zona donde ésta se produjo.

3 MOVILIDAD DE LOS CONTAMINANTES (PROCESOS DE TRANSPORTE)

La movilidad de un contaminante depende de la persistencia, dado que una sustancia que se degrada en forma rápida, no tendrá tiempo para ser propagada en el medio ambiente. Dependiendo de su afinidad con los diferentes componentes ambientales, los compuestos químicos pueden movilizarse a través de las siguientes vías de transporte:

- Arraste con el aire;
- Arrastre con aguas superficiales;
- Infiltración al subsuelo y transporte con aguas subterráneas;
- A través del suelo, sedimento y/o biota.

Como ya se señaló, el proceso de propagación puede ocurrir como producto “libre”, disuelto o volátil; se deben considerar no solamente los mono-productos, sino aquellos compuestos con potencial contaminante. Estos suelen ser los más móviles (solubles), persistentes y/o tóxicos.

Muchas sustancias de gran afinidad con los organismos vivos se acumulan en las plantas y en los animales, ya sea directamente o a través de las cadenas alimenticias.

Los compuestos afines al suelo, con baja solubilidad tienen menor movilidad, pero podrían movilizarse en un momento futuro (lixiviabilidad). A pesar de su baja solubilidad, pueden propagarse a través de las aguas superficiales adheridos a las partículas suspendidas o a los sedimentos.

Por otra parte, si un contaminante permanece estable en un lugar, su control es más eficaz.

A partir del conocimiento de cada uno de los procesos de transporte, se podrá predecir el comportamiento y destino de un compuesto contaminante en el medio ambiente (en forma cualitativa o cuantitativa). Los parámetros más útiles se describen a continuación.

3.1 Solubilidad en Agua

Como se señaló anteriormente, la solubilidad es la característica más importante usada para asegurar las siguientes características químicas en el ambiente: movilidad, estabilidad, acumulación, bioacumulación y sorción.

Los compuestos muy solubles en agua tienen baja afinidad a los suelos, por lo tanto, son rápidamente transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea. (Figura III-1).

- La alta solubilidad al agua de un compuesto químico promueve una mayor movilidad, y es menos probable a ser acumulativo, bioacumulativo, volátil y persistente. Un

compuesto químico altamente soluble es propenso a ser biodegradado y metabolizado por los microorganismos.

- Un contaminante químico poco soluble en agua es más probable de ser inmovilizado por vía adsorción y es menos móvil, más acumulativo o bioacumulativo, persistente en los compartimentos ambientales y ligeramente propenso a biodegradarse y puede ser metabolizado por plantas y animales.

Los rangos para evaluar la solubilidad de una sustancia química se indican en la Tabla III-2.

**TABLA III-2:
RANGOS DE SOLUBILIDAD EN AGUA**

SOLUBILIDAD	RANGOS DEL VALOR [mg/L]
Baja	Menor a 10^{-2}
Media Baja	1 a 10^{-2}
Media	10 a 1
Media alta	1000 a 10
Alta	Mayor que 1000

Fuente : CEPIS/OMS, Curso de Autoinstrucción de Evaluación de Riesgos.

Si una sustancia cuya solubilidad en agua es alta, se descarga en el suelo, permanecerá ahí hasta que se contacte con el agua, quien la disolverá movilizándola a otra componente. Por otra parte, si se derrama al agua, su propagación a través de la corriente de agua será rápida.

Un producto de baja solubilidad y densidad (menor al agua) flotará sobre la superficie del agua. Su transporte estará sujeto a corrientes superficiales y podrá ser contenido en forma más fácil (ver Capítulo VI).

Un producto de baja solubilidad y mayor densidad que el agua, llegará rápidamente hasta los sedimentos pudiendo unirse a ellos. Su transporte dependerá del transporte de sedimentos (granulometría, intensidad de corrientes y efectos de sedimentación).

Finalmente, la solubilidad tiene una relación con la volatilidad desde el agua. Por ejemplo, los compuestos muy solubles en agua tienden a ser menos volátiles y también muy biodegradables.

3.2 Constante de la Ley de Henry (H)

Es un indicador de la volatilidad de la sustancia y puede estimarse como el cociente entre la presión de vapor y la solubilidad.

$$H = \frac{p_v}{S}$$

Donde:

S = solubilidad de la sustancia (mg/L)

p_v = presión de vapor de la sustancia (mg/m³)

Como la constante de Henry se encuentra generalmente en las unidades de “atm m³/mol” se debe hacer una conversión de unidades para ello se puede aplicar la siguiente formula:

$$H \left[\frac{(\text{atm} \cdot \text{m}^3)}{\text{mol}} \right] = H \left[\frac{(\text{mg} / \text{m}^3)}{(\text{mg} / \text{mol})} \right] \cdot \frac{R \cdot T}{10^6}$$

Donde:

R = es la constante de los gases, cuyo valor es 0,08206 [atm-L/mol °K]

T = es la temperatura a la presión de vapor utilizada para la estimación de H [°K]

Basado en la Ley de Henry, es posible determinar la concentración de equilibrio de un compuesto disuelto en la fase de vapor (ver Figura III-2).

En la Tabla III-3 se indica el potencial grado de volatilidad de una sustancia en relación al valor de la constante de Henry.

**TABLA III-3:
RANGOS DE VOLATILIDAD (CTE. DE HENRY)**

Volatilidad	Rangos del valor [atm- m ³ /mol]
No volátil	Menor que 3×10^{-7}
Baja volatilidad	3×10^{-7} a 1×10^{-5}
Moderada volatilidad	1×10^{-5} a 1×10^{-3}
Alta volatilidad	Mayor que 1×10^{-3}

Fuente : Cuzcano, Gestión Ambiental de Sitios Contaminados, 2001.

Cuando una sustancia volátil es infiltrada al suelo existe la posibilidad que en la zona no satura de éste la sustancia migre a la atmósfera o se diluya en la napa freática. Esta movilidad dependerá principalmente de la permeabilidad del suelo (Figura III-3).

3.3 Coeficiente de Partición Octanol/Agua (Kow)

El Coeficiente de Partición Octanol-agua expresa la relación de concentraciones en equilibrio de un químico en las fases de octanol y agua (ver Figura III-2). Es un indicador del potencial de bioacumulación o bioconcentración de un compuesto químico en el tejido graso de los organismos.

A partir del coeficiente de partición octanol-agua es posible estimar las concentraciones de equilibrio de un compuesto en la fase acuosa:

$$[C_{\text{agua}}] = [C_{\text{octanol}}] \cdot Kow$$

Donde: Kow = Coeficiente de Partición Octanol-Agua
 C_{octanol} = Concentración de equilibrio en octanol [mg/L]
 C_{Agua} = Concentración de equilibrio en Agua [mg/L]

En la Tabla III-4 se indica el potencial de afinidad de una sustancia a la biota en relación al valor del Coeficiente Kow.

TABLA III-4:
RANGOS DEL COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL-AGUA (Kow)

AFINIDAD CON LA BIOTA (animal)	RANGOS DEL VALOR [log Kow]
Baja	Menor que 1
Media Baja	1 a 3
Media	3 a 3,5
Media alta	3,5 a 5
Alta	Mayor que 5

Fuente : CEPIS/OMS, Curso de Autoinstrucción de Evaluación de Riesgos.

- **Alto coeficiente:** significa mayor afinidad de bioacumularse/bioconcentrarse en la cadena alimenticia, mayor su potencial de sorción en suelo y baja su movilidad además de significar una baja solubilidad en agua. Los compuestos químicos con valores altos de "Kow" tienden a acumularse en las porciones lipídicas de los organismos, existiendo la posibilidad de ser transferidos a los humanos.
- **Bajo coeficiente:** significa menor afinidad química a bioacumularse, mayor su potencial de movilidad, mayor solubilidad y mayor su potencial a biodegradarse y poder ser metabolizado. Los compuestos con bajos "Kow" tienden a distribuirse en el agua o aire.

3.4 Coeficiente de Partición de Carbono Orgánico (Koc)

El Coeficiente de Partición Carbono Orgánico Koc es frecuentemente interpretado como una medida de la contribución de las fuerzas hidrofóbicas para la sorción de la sustancia

en el suelo. Este es preciso para compuestos altamente no polares, y puede no ser preciso para especies polares.

En los sistemas de agua-suelo/sedimento, donde el contenido de materia orgánica es significativo, la adsorción de los contaminantes orgánicos no polares ocurre principalmente por partición dentro de la materia orgánica. El coeficiente de distribución agua-suelo/sedimento (K_d) de contaminantes no polares es fuertemente dependiente del contenido de materia orgánica del suelo o sedimento (f_{om}) o alternativamente del contenido de carbón orgánico del suelo/sedimento (f_{oc}) Expresando la siguiente relación:

$$K_{oc} = \frac{K_d}{f_{oc}}$$

Un "Koc" alto indica que el compuesto orgánico se fija con firmeza a la materia orgánica en el suelo, por lo que se va poca cantidad del compuesto a las aguas superficiales o acuíferos. Un bajo "Koc" sugiere la posibilidad de que el compuesto pueda ir a los cuerpos de agua.

En la Tabla III-5 se indica el potencial grado de adsorción de una sustancia al suelo en relación al valor del Coeficiente Koc.

TABLA III-5:
RANGOS DEL COEFICIENTE DE PARTICIÓN DE CARBONO ORGÁNICO K_{oc} (ml/g de carbono orgánico)

Adsorción al suelo	RANGOS DEL VALOR [log Koc]
Muy débil	Menor a 10
Débil	10 a 100
Moderada	100 a 1000
De moderada a fuerte	1000 a 10.000
Fuerte	10.000 a 100.000
Muy fuerte	Mayor a 100.000

Fuente : Cuzcano, Gestión Ambiental de Sitios Contaminados, 2001.

El Koc puede ser calculado de otras propiedades del compuesto químico como la solubilidad al agua, el coeficiente de partición agua octanol (K_{ow}) y de la estructura molecular del compuesto.

3.5 Coeficiente de Partición Octanol-Aire (K_{oa})

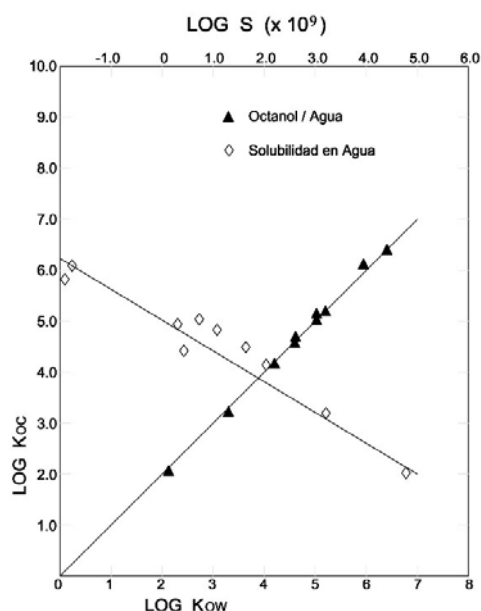
Es un indicador de la concentración de octanol en el aire, que indica la potencial bioacumulación de una sustancia en las plantas a partir del aire. En la Tabla III-6 se señala el potencial de afinidad de una sustancia a la biota en relación al valor del Coeficiente K_{oa} .

TABLA III-6:
RANGOS DEL COEFICIENTE DE PARTICIÓN OCTANOL-AIRE (Koa)

AFINIDAD CON LA BIOTA (Flora)	RANGOS DEL VALOR [log Koa]
Baja	Menor que 4
Media Baja	4 a 5
Media	5 a 7
Media alta	7 a 8
Alta	Mayor que 8

Fuente : CEPIS/OMS, Curso de Autoinstrucción de Evaluación de Riesgos.

En el siguiente gráfico se muestra una relación entre la solubilidad, el Koc y el Kow.



3.6 Índice de Lixiviación

Para estimar la contaminación de aguas subterráneas, se utiliza el método de aproximación denominado "índice de lixiviación". Estos índices se basan en unas pocas propiedades fisicoquímicas de las moléculas y, en algunos casos, en unas pocas características del suelo, las que se pueden obtener fácilmente. La versatilidad de este método no se puede comparar con la de modelos evaluativos como los que se basan en

el concepto de fugacidad; estos índices no permiten predecir la concentración ambiental, pero pueden ser útiles, por lo menos para exámenes selectivos.

Un método de estimación de la lixivialidad de un compuesto es el de puntuación de ubicuidad en napas subterránea (índice GUS).

$$GUS = \text{Log } t_{1/2} * (4 - \text{Log } K_{oc})$$

Donde:

$t_{1/2}$ = es el tiempo de vida media de la sustancia [d]

K_{oc} = es el coeficiente de partición de carbono orgánico (adimensional).

Empíricamente se han determinado valores del índice de GUS para clasificar sustancias orgánicas²:

- Lixiviantes, si GUS es mayor a 2,8
- Compuestos de transición, si $2,8 > GUS > 1,8$
- No lixiviantes, si $GUS < 1,8$.

En la Tabla III-7 se presentan algunos valores de tiempos de vida media para pesticidas:

**TABLA III-7:
TIEMPOS DE VIDA MEDIA DE ALGUNOS PESTICIDAS**

NOMBRE COMUN	TIEMPO DE VIDA MEDIA [d]
Atrazina	60-150
Dimetoato	4-122
Diazinon	8-35
Malation	4-6
Lindano	450

Fuente : ONU para la agricultura y la alimentación-FAO, "Evaluación de la contaminación de suelo", 2000

La EPA ha sugerido otros índices de lixiavilidad de plaguicidas, como por ejemplo:

- Solubilidad en agua: 30 ppm se considera como un umbral que permite un movimiento significativo de la sustancia
- Adsorción al suelo: $K_{oc} < 500$; se supone que la adsorción es al carbono orgánico
- Sustancias que tienen una vida media mayor a 21 días

² CEPIS/OMS, Curso de Autoinstrucción de Evaluación de Riesgos.

Por lo general las sustancias que cumplen estas condiciones son altamente contaminantes.

3.7 Factor de Bioconcentración (FBC)

Algunas sustancias tienen mayor afinidad con los tejidos de organismos que con el agua, por lo que pueden alcanzar altas concentraciones en los organismo expuestos (por ejemplo peces en un cuerpo de agua que fue alcanzado por un derrame químico).

La magnitud de este efecto se expresa con el factor de bioconcentración (FBC), y depende fuertemente de la característica hidrofóbica del compuesto, representada por el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) y contenido de lípidos del organismo (contenido orgánico).

Experimentalmente, el Factor de Bioconcentración se obtiene dividiendo la concentración de equilibrio de un compuesto químico en un organismo o tejido (como el de un pescado) por la concentración del mismo compuesto en un medio externo (como el agua donde habitaba dicho pescado).

Cuando no se tienen datos experimentales del valor del FBC, se puede realizar una estimación a partir de la siguiente expresión³:

$$\text{Log FBC} = 0,79 * \text{Log } K_{ow} - 0,4$$

En general, los compuestos que tienen un alto valor de " K_{ow} " tienen un alto FBC.

Sin embargo, algunos compuestos como los hidrocarburos aromáticos no se acumulan en peces y vertebrados a pesar de su alto " K_{ow} ". Esto se debe a que los peces tienen la habilidad de metabolizar rápidamente dichos compuestos.

Por otro lado, la biomagnificación es un concepto que se utiliza cuando un organismo en un nivel trófico superior es capaz de acumular mayor cantidad de contaminante que un organismo de la misma cadena alimentaria ubicado en un nivel trófico inferior.

³ Red de Acción en Plaguicidas para América Latina (RAP-AL).

4 COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS INVOLUCRADAS EN LOS EVENTOS MÁS RECURRENTE

En esta sección se proporcionan antecedentes generales de algunas de las sustancias involucradas en los eventos más recurrentes (ver Capítulo I):

1. Derrame de Hidrocarburos y Derivados de Petróleo
2. Derrames de Ácidos y Básicos Corrosivos
3. Plaguicidas y Pesticidas
4. Derrame de Relaves
5. Derrame de Concentrados de Mineral
6. Incendio de Bodegas de Productos Químicos
7. Derrame de Otros Productos Químicos
8. Incendio de Vertederos Clandestinos (con Residuos Peligrosos)
9. Derrame de Lixiviados en Rellenos Sanitarios

En algunos casos las descripciones de las sustancias se realizarán en forma conjunta. Las propiedades físicas y químicas de las sustancias más relevantes se indican en la tabla adjunta al final del capítulo (Tabla III-10 y Tablas resúmenes de sustancias por evento).

4.1 Derrame de Hidrocarburos y Derivados de Petróleo

4.1.1 Hidrocarburos y Derivados del Petróleo

Los hidrocarburos de petróleo se consideran como una mezcla líquida compleja de gases, líquidos y sólidos, existiendo pequeñas cantidades de mezclas de nitrógeno, oxígeno y azufre, además de contener compuestos de hierro, níquel, vanadio y otros metales.

Usos/Aplicación

- Refinaciones
- Combustibles, lubricantes para vehículos
- Combustible de fuentes fijas (calderas)
- Producción de plásticos, resinas.

Características Físicas y Químicas

Los hidrocarburos (en adelante HC) presentan alto peso molecular, y en su mayoría son mayormente insolubles en agua.

Entre sus características más determinantes se encuentran: la polaridad (los alifáticos y algunos aromáticos son no polares), hidrofobicidad, solubilidad en el agua y presión de vapor.

En el caso de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) de bajo peso molecular (2 anillos) su presión de vapor es de 10^{-4} atm lo que indica que son volátiles al ambiente (Figura III-4) y los de alto peso molecular (>5 anillos) con un valor de 10^{-13} atm tienden a quedar en suelo dado su peso molecular (Figura III-5). Los alifáticos con un peso molecular bajo (C_5H_{12}) con un valor de 1 atm y los de peso molecular alto ($C_{18}H_{36}$) con un valor de 10^{-7} atm.

Movilidad en el Medio Ambiente

En el caso de compuestos orgánicos como los hidrocarburos, hay diferentes características de movilidad:

- Un compuesto químico con una presión de vapor baja, alta capacidad de adsorción o alta solubilidad al agua es menos probable a volatilizarse (principalmente compuestos orgánicos de alto peso molecular).
- Un compuesto químico con una presión de vapor alta, baja capacidad de adsorción o baja solubilidad al agua es más probable a volatilizarse.

En el agua subterránea, los compuestos orgánicos ligeros como las gasolinas, aceites y petróleo crudo tienden a formar una capa en forma de nata en el nivel freático y se mueven horizontalmente en dirección al flujo del agua subterránea. (Figura III-6)

Por otra parte, los compuestos orgánicos densos, migran hacia la base del acuífero creando una columna a partir de la cual pueden moverse en dirección al flujo de agua subterránea, contaminando así el acuífero en toda su profundidad. (Figura III-7).

Toxicidad/Ecotoxicidad

La mayoría de los microorganismos del suelo no pueden sobrevivir en presencia de hidrocarburos. Entre estos microorganismos afectados están varios de importancia ecológica, como las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*).

Efectos sobre el Medio Ambiente

Los hidrocarburos son sustancias de composición variable que tienen diversos efectos tóxicos sobre los ecosistemas edáficos. Los efectos tóxicos sobre los microorganismos se pueden evaluar mediante parámetros como la biomasa microbiana total, ya que la muerte masiva de microorganismos provocará un descenso en dicha biomasa. Sin embargo, en casi todos los ambientes del planeta existen –aunque en muy baja cantidad– microorganismos (entre bacterias y hongos) capaces de degradar los hidrocarburos a formas menos tóxicas al emplearlos como fuente de carbono y esta es una de las posibles causas de incremento de la biomasa microbiana luego de un tiempo de exposición al contaminante.

Las propiedades físicas del suelo más afectadas por derrames de hidrocarburos son:

- La estructura del suelo debido a la ruptura de los agregados;
- Aumento de la retención del agua en la capa superficial;
- El potencial hídrico.

Probablemente el componente más importante del suelo en relación con la persistencia de sustancias tóxicas es la arcilla. La persistencia aumenta cuanto más pequeñas son las partículas debido a que aportan una gran área superficial para la absorción de los productos químicos.

Las propiedades químicas del suelo más afectadas por un derrame de hidrocarburos son:

- Aumento del carbono orgánico ya que el 75 % del carbono del petróleo crudo es oxidable
- Disminución del pH, debido a la acumulación del carbono orgánico y generación de ácidos orgánicos.
- Aumento del manganeso y hierro intercambiable
- Aumento del fósforo disponible.

4.2 Derrames de Ácidos y Básicos Corrosivos

4.2.1 Ácido Sulfúrico

Es el ácido mineral de uso más frecuente en la industria, y su consumo se utiliza como indicador del grado de industrialización de un país.

Usos/Aplicación

Entre sus principales usos encontramos:

- Producción de fertilizantes.
- Potabilización de agua.
- Fabricación de detergentes
- Metalurgia: para el decapado de metales.
- Producción de ácido para baterías eléctricas.
- Fabricación de productos orgánicos, pinturas, pigmentos y rayón.

Características Físicas y Químicas

El Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) es un ácido fuerte, y puede cristalizar diversos hidratos. A temperatura ambiente es un líquido corrosivo, incoloro, inodoro de olor picante, y de gran viscosidad. Es fuertemente reactivo con materiales metálicos y orgánicos. Al estar en contacto con agua es capaz de liberar una gran cantidad de calor.

El contacto del ácido con materiales orgánicos (tales como cloratos, carburos, fulminatos y pieratos) puede provocar incendios y explosiones. También puede generar emanaciones tóxicas de dióxido sulfuroso e hidrógeno gaseoso inflamable al entrar en contacto con metales. Ataca a algunas clases de plásticos, caucho y revestimientos.

Al descomponerse el ácido sulfúrico puede desprender gases y vapores tóxicos (por ejemplo, emanaciones de ácido sulfúrico, dióxido sulfuroso y monóxido de carbono).

Movilidad en el Medio Ambiente

Debido a la alta solubilidad (y su estado físico de solución acuosa), tiene una alta movilidad en el agua superficial y subterránea.

Toxicidad/Ecotoxicidad

Este ácido es altamente corrosivo para todas las partes del cuerpo. Los vapores son corrosivos para el tracto respiratorio y pueden causar edema pulmonar, el cual puede llegar a ser fatal. La exposición ocupacional a nieblas de ácidos inorgánicos fuertes conteniendo ácido sulfúrico ha sido relacionada con un incremento de la incidencia sobre el cáncer de laringe y en menor grado el de pulmón.

El ácido sulfúrico es nocivo para la vida acuática.

Medidas de precaución

Este ácido fuerte puede ser neutralizado con grandes volúmenes de agua o con carbonato sódico en polvo o caliza.

4.2.2 Soda Caústica

El hidróxido de sodio o soda caústica es un sólido de color blanco que industrialmente se utiliza como disolución al 50 % por su facilidad de manejo. Se obtiene, principalmente por electrólisis de cloruro de sodio, por reacción de hidróxido de calcio y carbonato de sodio y al tratar sodio metálico con vapor de agua a bajas temperaturas.

Usos/Aplicación

Es usado en síntesis, en el tratamiento de celulosa para hacer rayón y celofán, en la elaboración de plásticos, jabones y otros productos de limpieza, entre otros usos.

Características Físicas y Químicas

La soda caústica es soluble en agua, generando calor al contacto con ésta. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo de metales y tejidos.

Este compuesto no es inflamable, sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales.

La reacción con soda y tricloroetileno es peligrosa, ya que este último se descompone y genera dicloroacetileno, el cual es inflamable.

Movilidad en el Medio Ambiente

Debido a la alta solubilidad (y su estado físico de solución acuosa), tiene una alta movilidad en el agua superficial y subterránea.

Toxicidad/Ecotoxicidad

Es nocivo para la vida acuática, irritante y corrosivo para los metales y los tejidos. Los casos más comunes de accidente son por contacto con la piel y ojos, así como inhalación de neblinas o polvo que contienen esta sustancia.

Medidas de Precaución

En caso de derrame, ventilar el área y colocarse la ropa de protección necesaria como lentes de seguridad, guantes, overoles químicamente resistentes, botas de seguridad. Mezclar el sólido derramado con arena seca, neutralizar con HCl diluido, diluir con agua, decantar y tirar al drenaje. La arena puede desecharse como basura doméstica.

Si el derrame es de una disolución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido, agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje.

4.3 Plaguicidas y Pesticidas

Se llama pesticida o plaguicida al amplio conjunto de sustancias químicas, orgánicas o inorgánicas, o sustancias naturales que se utilizan para combatir plagas o vegetales. Se emplean para eliminar insectos, ácaros, hongos, roedores, caracoles, gusanos, etc. También como defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad, evitar la caída y/o deterioro de la fruta, entre otros.

Se agrupan según sus usos en: Insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas, acaricidas, defoliantes, miticidas, rodenticidas, anticriptogámicos. Las mayores categorías son: ***insecticidas, fungicidas y herbicidas***

4.3.1 Compuestos Principales

Los pesticidas se pueden agrupar de acuerdo a grupos químicos o familias químicas en dos grandes grupos: los plaguicidas inorgánicos y los orgánicos.

Tipo A: Plaguicidas inorgánicos

Son aquellos que no contienen carbono en su estructura química y generalmente provienen de minerales extraídos de la tierra. Los compuestos inorgánicos como el azufre fueron algunos de los primeros plaguicidas usados por el ser humano. Un ejemplo es el sulfato de cobre.

Tipo B: Plaguicidas orgánicos

Son aquellos que contienen carbono en su estructura química. La mayoría de ellos son sintetizados o fabricados a partir de compuestos químicos derivados del petróleo aunque algunos son derivados de plantas y son llamados “botánicos”. Estos se han clasificado dentro de grupos o familias con estructuras químicas similares a los que a menudo tienen modos de acción similares. Los grupos más importantes son: Organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides.

- Los **organoclorados** (DDT, aldrin, endrin, lindano, etc.) se caracterizan por presentar cloro en su molécula. Presentan baja solubilidad en agua y elevada solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos, son tóxicos, altamente persistentes (llega a ser de años) y se bioacumulan (tanto en organismos vivos, suelos y napas subterráneas), es decir, van aumentando su concentración al ir ascendiendo en la cadena trófica. Agrupan a un considerable número de compuestos sintéticos, cuya estructura química corresponde a los hidrocarburos clorados.
- Los **organofosforados** (malathion, parathion, etc.) son fundamentalmente ésteres del ácido fosfórico. Son poco persistentes (días) pero son altamente tóxicos para el hombre tanto como el arsénico, la estricnina o el cianuro. Muchos de ellos son sistémicos, es decir, son absorbidos por las plantas e introducidos en el sistema vascular de los vegetales, actuando tanto en los insectos chupadores como también sobre las personas que ingieren el alimento, aunque este sea previamente lavado (como el dimetoato, fosfamidón).
- Los **carbamatos** (por ejemplo el carbaril, de nombre comercial Sevin; o el propoxur, llamado Baygon, etc.) corresponden en su mayor parte a derivados del ácido N-metil – carbámico, los cuales son de fácil acción sistémica, su persistencia en el ambiente y su toxicidad es intermedia entre los dos anteriores. Son menos eficaces en su acción como pesticidas que los organofosforados. Se usan menos en agricultura y más en interiores, como insecticidas caseros, etc. De acuerdo a su composición, sus derivados pueden tener propiedades insecticidas, fungicidas o herbicidas.

- **Piretroides** son sustancias sintetizadas a partir de un vegetal llamado piretro. Actúan sobre el sistema nervioso. Algunos de ellos son sustancias estrógenos ambientales, por tanto, interfieren en los procesos hormonales de animales y personas. No se acumulan en el organismo y no persisten en el ambiente (ej. permetrina, cipermetrina, alfa-metrina, ciferlurín, bifentrín, fenvalerato, etc.)

4.3.2 Persistencia

La persistencia de los pesticidas es muy variable, como se puede observar en la Tabla III-8 siguiente:

**TABLA III-8:
PERSISTENCIA DE PESTICIDAS**

NO PERSISTENTES (Vida Media < 30 días)	MODERADAMENTE PERSISTENTE (Vida Media: 30 a 100 días)	PERSISTENTES (Vida Media > 100 días)
Aldicarb	Aldrin	Bromacil
Captan	Atrazine	Chlordane
Dalapon	Carbaryl	Lindane
Dicamba	Carbofuran	Paraquat
Malathion	Diazinon	Picloram
Methyl parathion	Endrin	Tricfluralin
Oxamyl	Fonofos	
2,4 - D	Glyphosate	
2,4,5 - T	Heptachlor	
	Linuron	
	Parathion	
	Phorate	
	Simazine	
	Terbacil	
	TCA	

Fuente: P.S.C. Rao, R.S. Mansell, L.B. Baldwin, and M.F. Laurent, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida

4.3.3 Movilidad en el Medio Ambiente

La mayoría de los plaguicidas (pesticidas) resisten durante mucho tiempo en el ambiente y provocan la contaminación de las aguas, de los suelos, de vegetales y animales, los que al ser consumidos actúan como transportadores de los productos tóxicos y se van acumulando en los organismos vivos.

4.3.4 Toxicidad/Ecotoxicidad

Los plaguicidas y pesticidas son tóxicos para las plagas que controla, pero también lo son para el hombre, animales domésticos y fauna, pudiendo contaminar el medio ambiente si son mal utilizados.

4.4 Derrame de Relaves o Concentrados de Mineral

En la minería se destacan principalmente dos líneas de producción: una de concentración y otra de extracción de minerales. Ambas líneas de procesos generan residuos y productos diferentes: En el proceso de extracción se obtienen estériles, mientras que en el proceso de concentración se obtiene el producto concentrado y como residuo los relaves.

Además, el proceso de concentración de mineral emplea reactivos como el Xantato y cal, mientras que en un proceso de extracción por lixiviación los productos más comúnmente usados son el ácido sulfúrico y el cianuro de sodio. Parte de estos reactivos se pierde con los residuos generados los que consecuentemente constituyen un factor de riesgo para el ambiente, al igual que el manejo de los concentrados.

Las descargas mineras aportan al ambiente una carga adicional de elementos persistentes y con alto potencial tóxico, muchos de ellos biomagnificables y con largos tiempos de residencia en los suelos.

4.4.1 Lugar de Generación

En nuestro país la minería metálica en desarrollo esta relacionada principalmente a la extracción de cobre, oro y hierro, generando como subproductos plata, molibdeno, cobalto y níquel. Logísticamente los riesgos ambientales asociados a la extracción de cobre se extienden desde la I Región de Tarapacá a la VII Región del Maule, donde además, se encuentran los terrenos con mayor potencialidad agrícola. Los mayores yacimientos de cobre están en la Cordillera de los Andes o en áreas precordilleranas, lo que obliga a los centros de extracción a utilizar agua de los ríos, los que aguas abajo son utilizados para regar los suelos agrícolas.

4.4.2 Contaminantes Principales

Los siguientes elementos y/o compuestos químicos resultantes o utilizados en las actividades del procesos minero, son potencialmente contaminantes hídricos:

- pH bajo
- Metales en su forma de iones tales como cobre, plomo, zinc, níquel, fierro, arsénico, cadmio;
- Cianuro de sodio (utilizado en la minería aurífera);
- Reactivos químicos:
 - Ácidos (H_2SO_4 , ácido sulfúrico)

- Alcalis
- Espumas y colectores
- Modificadores (cianuro de sodio NaCN, sulfato de sodio Na₂SO₃)
- Floculantes y coagulantes, (ejemplo: sales de aluminio y hierro).
- Compuestos de nitrógeno, provenientes de las voladuras (dinamitaje)
- Aceites y petróleo usado en la lubricación y combustible.
- Sólidos suspendidos, provenientes del agua de la mina, efluentes, otros.

Bajo condiciones ácidas, los metales pesados son lixiviables, se solubilizan y se pueden propagar en el medio ambiente. Dado su persistencia en el medio ambiente, pueden entrar a nuestro organismo a través de la cadena alimenticia, ser acumulados en los tejidos de los peces, afectar los suelos, las fuentes de agua potable y riego.

4.4.3 Metales Pesados

Los metales pesados, son aquellos que tienen una densidad 5 veces mayor que la del agua: y agrupan a una serie de elementos como por ejemplo Cu, Pb, Hg, etc., presentes en el medio ambiente en débiles concentraciones.

La mayoría de los metales pesados, excepto el Hg, no son peligrosos en su forma elemental, en cambio las sales y demás combinaciones químicas (abundantes en el medio ambiente) son muy tóxicas.

Algunos de ellos en dosis muy pequeñas, son indispensables tanto para plantas como para animales, pero se vuelven tóxicos en dosis elevadas, provocando los siguientes efectos:

- Presentan fenómenos de acumulación a lo largo de las cadenas alimentarias;
- Algunos son cancerígenos (Ni, Co, Cd, Pb);
- Otros teratógenos, es decir, causantes de mal formaciones (Cr, Co, Pb, Hg);
- La ingesta por parte del hombre de plantas o animales contaminados, puede provocar síntomas de intoxicación, inhibiendo varios sistemas enzimáticos, lo que provoca daños muy importantes en el funcionamiento general del organismo;
- En bacterias pueden ejercer su acción oligodinámica (propiedad de ciertos metales pesados que en muy pequeñas concentraciones, ejercen efectos letales sobre las bacterias)

Los metales pesados no se degradan y pueden acumularse en los organismos vivos.

Cadmio

El cadmio se encuentra en el ambiente de lugares de trabajo que manipulen baterías, soldaduras, pigmentos, etc; en aguas contaminadas; en lugares cercanos a centrales térmicas y vertederos.

Los contenidos de los suelos en cadmio son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre, por lo que en condiciones normales de cultivo este material no representa un serio problema.

La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es muy elevada y su eliminación muy lenta.

El cadmio se encuentra presente en la mayoría de los alimentos en concentraciones que pueden ser pequeñas excepto en moluscos bivalvos, y dentro de las carnes en hígados y en riñones. Por esta razón es uno de los metales que posiblemente preocupe más su control en la actualidad.

El cadmio puede acumularse en el cuerpo humano, especialmente en el riñón, también puede provocar alteraciones óseas y fallas del aparato reproductor. No puede descartarse que actúe como carcinógeno. Aproximadamente se absorbe un 5% del cadmio presente en los alimentos. Este porcentaje puede alcanzar el 15% si hay deficiencia de hierro. En riñón puede concentrarse hasta el 85% de la carga corporal de cadmio (WHO, 1992).

Plomo

Los contenidos de plomo de los suelos son relativamente bajos y la absorción por las plantas es relativamente baja, salvo que los suelos estén contaminados. Una de las principales fuentes de contaminación del medioambiente por plomo son las gasolinas, lo que puede representar una vía importante de entrada en la cadena alimenticia al consumir los animales cultivos de áreas contaminadas.

La absorción de plomo por los animales es baja, inferior al 1% y parece existir un cierto mecanismo de regulación de forma que al aumentar la exposición a fuentes de plomo, no aumenta linealmente la retención en el organismo.

Por otra parte, la absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. El plomo absorbido se distribuye en distintos órganos y tejidos como riñón, hígado, encéfalo y huesos. Dada su similitud con el calcio, el mayor depósito de plomo se localiza en el tejido óseo. El plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos.

Cromo

El cromo entra al aire, agua, y suelo principalmente en las formas de cromo (III) y cromo (VI).

En el aire, los compuestos de cromo están presentes principalmente como finas partículas de polvo las que eventualmente se depositan sobre la tierra o el agua.

El cromo puede adherirse firmemente al suelo y solamente una pequeña cantidad puede disolverse en el agua y así pasar al suelo más profundo y al agua subterránea. Los peces no acumulan en sus cuerpos mucho cromo del agua.

Zinc

El zinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre. Se encuentra en el aire, el suelo y el agua, y está presente en todos los alimentos. El zinc puro es un metal brillante blanco- azulado.

Tiene muchos usos comerciales como revestimiento para prevenir corrosión, en compartimientos de baterías secas y, mezclado con otros metales, para fabricar aleaciones como latón y bronce. Una aleación de zinc y cobre se usa para fabricar monedas de un centavo en los Estados Unidos.

El zinc se combina con otros elementos para formar compuestos. Algunos incluyen el cloruro de zinc, el óxido de zinc, el sulfato de zinc y el sulfuro de zinc. Los compuestos de zinc son ampliamente usados en la industria para fabricar pinturas, caucho, tinturas, preservativos para maderas y ungüentos.

Al ponerse en contacto con el medio ambiente:

- Se adhiere al suelo, sedimentos y a partículas de polvo en el aire.
- La lluvia y la nieve remueven las partículas de polvo con zinc del aire.
- Dependiendo del tipo de suelo, algunos compuestos de zinc pueden movilizarse al agua subterránea y a lagos, arroyos y ríos
- La mayor parte del zinc en el suelo permanece adherido a partículas de suelo y no se disuelve en agua.
- Se acumula en peces y en otros organismos, pero no en plantas.

4.4.4 Cianuro

El cianuro se asocia principalmente a los procesos de extracción de oro. Se encuentra generalmente combinado con otros productos químicos formando compuestos. Ejemplos de compuestos simples de cianuro son el ácido cianhídrico, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio. El cianuro puede ser producido por ciertas bacterias, hongos y algas, y ocurre en un sin número de alimentos y plantas.

El cianuro de sodio y el cianuro de potasio son sólidos blancos de aroma amargo almendrado en aire húmedo. El cianuro y el ácido cianhídrico se usan en enchapados electrolíticos, industria metalúrgica, manufactura de productos químicos, desarrollo de fotografías, fabricación de plásticos, fumigación de barcos, etc..

Características Físicas y Químicas

En condiciones ácidas a neutras, el cianuro tiende a reconstruir su forma ácida, la cual resulta ser un gas volátil.

Movilidad en el Medio Ambiente

El cianuro, sus sales y complejos poseen una gran solubilidad en agua; en esta forma será transportado con el escurrimiento de aguas subterráneas y/o superficiales en la zona de derrame.

La mayor parte del cianuro en aguas superficiales forma ácido cianhídrico y se evapora. El cianuro en el agua no se acumula en peces.

En la presencia de luz y actividad microbiana, el cianuro está sujeto a una descomposición por oxidación. La mitad del cianuro en el aire desaparece en 1-3 años.

En el suelo, el cianuro forma complejos muy estables con los metales pesados, particularmente el cobre, cadmio, mercurio y fierro. Por otra parte, en forma de sal seca puede ser esparcido por el viento; también puede estar adherido a la matriz del suelo. Sin embargo, debido a la gran solubilidad del cianuro y potencial migratorio en forma disuelta estos procesos suelen ser menos relevantes.

Toxicidad

En altas concentraciones, el cianuro es tóxico para microorganismos en el suelo y puede filtrarse hacia agua subterránea. Los cianuros (CN⁻) son letales para los peces en una concentración de 0,04 mg/l.

Límites Máximos en el Ambiente de Trabajo

Para la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) su TWA (Time Weighted Average (tiempo de carga promedio) es de 5 mg/m³ . El cianuro LD₅₀ en ratas 15 mg/kg de cianuro de sodio y 10 mg/kg de cianuro de potasio, de acuerdo a la publicación de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) en su “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo”.

Parámetros Indicadores

- Cianuro total
- Cianuro WAD (Sales de Cianuro de Baja Estabilidad o “weak acid dissociable”)

4.4.5 Otros

Los sólidos suspendidos, provenientes en particular de las etapas de molienda y beneficiación, obstaculizan el proceso de purificación del agua debido a la interferencia de la penetración de la luz y, por lo tanto, afectan el proceso de fotosíntesis.

Parámetros Indicadores

- Turbiedad

4.5 Derrames de Otros Productos Químicos

No se dispone de información específica sobre las sustancias liberadas en este tipo de evento (ver Tabla III-10).

4.6 Incendio de Bodegas de Productos Químicos

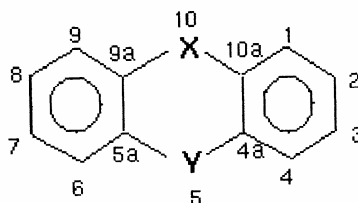
Sin conocer el tipo de químicos almacenados o residuos depositados en los vertederos, es imposible identificar todos los contaminantes involucrados. Sin perjuicio de ello es posible señalar algunos problemas típicos de este tipo de evento:

- Generación de Dioxinas y furanos
- Cenizas con metales pesados
- Otros: por ej. aguas de combate de incendio

Estos se analizan a continuación.

4.6.1 Dioxinas y Furanos (PCDD y PCDF)

Por dioxinas y furanos se conoce a una familia de compuestos aromáticos clorados tricíclicos, con propiedades químicas similares, constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno y cloro. Las dioxinas se diferencian de los furanos en la cantidad de átomos de oxígeno presentes en la molécula, encontrándose un átomo de oxígeno en los furanos y dos en las dioxinas.



Fórmula General de Dioxinas y Furanos (donde X, Y = C, O, N ó vacante)

Según la cantidad de átomos de cloro que substituyen a los átomos de hidrógeno y su disposición en el interior de la molécula existen un total de 75 isómeros de dioxinas, llamadas genéricamente policlorodibenzo- para- dioxinas (PCDD) y 135 de furanos, llamados policlorodibenzofuranos (PCDF), dependiendo de la cantidad de átomos de hidrógeno que son substituidos por átomos de cloro y su posición en el interior de la molécula.

Lugares de Generación

La generación de dioxinas y furanos ocurre bajo las siguientes condiciones:

- La combustión de plásticos que contienen cloro, como el PVC, producen ácido clorhídrico;
- La combustión incompleta de la lignina, procedente de los residuos derivados de la madera (papel, cartón, etc.) produce compuestos fenólicos;
- La reacción entre los compuestos fenólicos y el ácido clorhídrico produce dioxinas y furanos.

Las dioxinas y los furanos se forman, en general, en aquellas zonas de la combustión, donde la temperatura no es excesivamente alta, con rangos del orden de 250 a 450 grados centígrados.

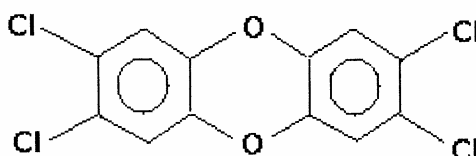
Características Físicas y Químicas

Las características físico-químicas de estos compuestos, se pueden resumir en que son poco solubles en agua ($\leq 0,12$ ppb), decreciendo la solubilidad cuanto mayor es el número de átomos de cloro que presenta la molécula, sin embargo, son un poco más solubles en disolventes y grasas. Tienen una presión de vapor de $6,2 \times 10^{-7}$ Pa (por lo cual son poco volátiles).

Son estables a la descomposición térmica por debajo de los 850 °C, y se descomponen rápidamente por acción de la luz en presencia de hidrógeno. Sin embargo, cuando se incorporan al suelo o a las corrientes hídricas son prácticamente inalterables, persistentes y bioacumulativos.

Toxicidad

La mayoría de los estudios toxicológicos han determinado que el isómero más tóxico de las dioxinas es el 2,3,7,8, - TCDD, llamada T4CDD o “dioxina de SEVESO”. Dado que tanto en el medio ambiente como en procesos de incineración ocurren complejas mezclas de PCDD y PCDF, es necesario conocer la potencial toxicidad de las mismas, lo que se realiza comparando la toxicidad de los distintos isómeros de PCDDs y PCDFs con relación a la del más tóxico, y de forma que a cada uno de los compuestos se le asigna un factor denominado factor internacional de equivalencia tóxica (I-TEF).



2,3,7 8 – p –TCDD (“Dioxina de Seveso”)

La suma de las distintas concentraciones de los isómeros de dioxinas y furanos multiplicados por el factor de equivalencia tóxica correspondiente, permite determinar la toxicidad equivalente de la mezcla (TEQ).

4.6.2 Cenizas

La ceniza es un producto de la combustión, compuesto de carbono; pueden estar adheridos una serie de contaminantes dependiendo de su afinidad al carbono: metales pesados, dioxinas, furanos u otros contaminantes.

La propagación de cenizas depende de su granulometría y de las condiciones de viento.

4.6.3 Otros

Algunos de los contaminantes liberados durante un incendio pueden no estar relacionados con el incendio propiamente tal, sino con las medidas de combate de incendio. Por ejemplo, las aguas contra incendio pueden hacer colapsar a los sistemas de colección de RILes y/o aguas servidas, propagar derrames de productos químicos.

Los potenciales contaminantes incluyen:

- pH
- Sólidos suspendidos
- DBO₅
- Otros: aceites y grasas, fenoles, metales pesados (según proceso industrial y/o productos químicos almacenados)

4.7 Derrame de Lixiviados en Rellenos Sanitarios

La composición de los derrames de lixiviados depende de la fuente que los origine. Considerando una composición típica se pueden encontrar:

- Ácidos (nitrítico, clorhídrico, bromhídrico, fluorhídrico, etc);
- Fenoles;
- Metales pesados (cadmio, plomo, cromo, zinc, etc.);
- Hidrocarburos alifáticos;
- Hidrocarburos aromáticos;
- Sales de cianuro, etc.

En la Tabla III-9 se presentan rangos típicos de la composición de lixiviados de un relleno sanitario. Aún así es importante destacar que pueden variar significativamente, en función de las características de los residuos, las condiciones climáticas y de operación.

**TABLA III-9:
COMPOSICION TÍPICA DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO**

PARÁMETRO	CARACTERIZACIÓN DE PERCOLADOS EN UN RELLENO SANITARIO (mg/l) (1)		
	NUEVO (menos de 2 años)		MADURO (mayor de 10 años)
	Rango (2)	Típico (3)	
ph	4,5 – 7,5	6	6,6 – 7,5
DBO ₅	2.000 – 30.000	10.000	100 – 200
DQO	3.000 – 60.000	18.000	100 – 500
Sólidos en suspensión	200 – 2.000	500	100 – 400
Nitrógeno orgánico	10 – 800	200	80 – 120
Nitrógeno amoniacal	10 – 800	200	20 – 40
Nitrato	5-40	25	5 – 10
Fósforo	5 – 100	30	5 – 10
Ortofosfato	4 – 80	20	4 – 8
Alcalinidad como CaCO ₃	1.000 – 10.000	3.000	200 – 1.000
Dureza total como CaCO ₃	300 – 10.000	3.500	200 – 500
Calcio	200 – 3.000	1.000	100 – 400
Magnesio	50 – 1.500	250	50 – 200
Potasio	200 – 1.000	300	50 – 400
Sodio	200 – 2500	500	100 – 200
Cloro	200 – 3.000	500	100 – 400
Sulfatos	50 – 1.000	300	20 – 50
Total hierro	50 – 1.200	60	20 – 200

Fuente: de un relleno sanitario de la Región Metropolitana y Tchobanoglous et al. 1994

Notas: (1) Excepto el pH que no tiene unidades

(2) No obstante, la literatura indica para algunos casos valores máximos más altos.

(3) Valores típicos para los vertederos nuevos variarán según el estado metabólico del relleno.

4.7.1 Fenoles

En forma pura, el fenol es un sólido blanco-incoloro. El producto comercial es un líquido. Tiene un olor repugnantemente dulce y alquitranado.

Lugares de Generación/Aplicación

El fenol se usa principalmente en la producción de resinas fenólicas. El fenol se usa también en productos químicos para matar bacterias y hongos, como desinfectante, antiséptico.

Características Físicas y Químicas

Se puede detectar el sabor y el olor del fenol a niveles más bajos que los asociados con efectos nocivos. El fenol se evapora más lentamente que el agua y una pequeña cantidad puede formar una solución con agua. El fenol se inflama fácilmente.

Movilidad en el Medio Ambiente

- El fenol no permanece en el aire por mucho tiempo (generalmente la mitad es removida del aire en menos de un día).
- Generalmente permanece en el suelo cerca de 2 a 5 días.
- Puede permanecer en agua por más de 9 días.
- Liberaciones repetidas o de mayores cantidades pueden permanecer en el aire, agua y el suelo por períodos mucho más largos.
- Pequeñas cantidades de fenol pueden encontrarse en organismos que viven en agua contaminada.

Parámetros Indicadores

- Compuestos Fenólicos

5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Existen diversas bases de datos disponibles a través de Internet que permiten obtener antecedentes acerca de las propiedades fisicoquímicas de sustancias peligrosas entre ellas se encuentran:

- “Chemical Hazard Response Information System” (CHRIS): www.chrismanual.com
- “Hazardous Substance Data Bank (HSDB)”: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>
- “Portal de Química y Medio Ambiente”: <http://librys.com/problemasdequimica/>